BHS II G 95

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: I g
B 95

Physik der Schweiz.

Mit steter Rücksicht

auf die

allgemeinen Naturverhältnisse

der Erde.

BIBLIOTHEK
DER K:B:GENERAL:
BERGW:U:SALINEN
ADMINISTR:

Von

Dr. J. Meyer.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1854.

171 a/2.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Ueber die Tendenz dieser Briefe, sowie über die Werke, welche ich bei Ausarbeitung derselben zu Rath gezogen habe, ist dem geehrten Leser im ersten und letzten Briefe, wie ich glaube, genügende Auskunft ertheilt, und er wird daraus zugleich entnehmen können, daß dieses Buch nicht beabsichtigt, mit „Siegfried's Schweiz" in eine überflüssige Concurrenz zu treten. Somit bleibt mir nur wenig mehr zu bevorworten übrig.

Da ich nicht blos über Thatsachen, welche Jedermann, der die Schweiz bereist, mit Augen sehen kann, Bericht erstatten wollte, sondern von diesen Thatsachen zu den Ursachen aufstieg und den Wirkungen und Folgen derselben nachging, sowie die gegenseitigen Beziehungen zwischen den einzelnen Phänomenen überall hervorhob, wo das richtige Verständniß es forderte; so wird man den Titel des Buches „Physik der Schweiz" gerechtfertigt finden. Ich hätte dasselbe auch eine „allgemeine Naturgeschichte der Schweiz" nennen können, insofern darin von der Entstehung der Alpen, des Jura, des zwischen ihnen liegenden Mittellandes u. a. m. die Rede ist. Ich habe es unterlassen, weil jede Physik eines Landes, welche die Erscheinungen aus den dabei wirksamen Naturkräften erklärt, auf die Darstellung der Art, wie sie geworden sind, nicht wird verzichten können. Das Sein erklärt sich nur aus dem Werden.

Es wollen diese Briefe einem größeren Kreise gebildeter Leser ein Hülfsmittel darbieten, zu einer klaren Einsicht in die großen Naturerscheinungen der Schweiz zu gelangen. Es schien mir daher zweckmäßig, nur dasjenige in denselben niederzulegen, was dem Leser verständlich und dadurch wissenswerth erscheinen kann. Aus diesem Grunde habe ich auch die Briefform gewählt, weil sie mir mehr Freiheit in der Wahl und Behandlung des Stoffes gestattete. Wo ich gelegentlich auf Erscheinungen aufmerksam gemacht habe, welche der oberflächlichen Be-

obachtung leicht entgehen, oder als untergeordnet angesehen zu werden pflegen, da geschah es, weil ihr Zusammenhang mit den übrigen ihnen eine besondere Bedeutung verleiht, und wenn ich den Leser in Folge der Erklärung mancher anderer Erscheinungen oft in entfernte Länder und Zonen und in Zeiten, welche unendlich weit hinter den unsrigen zurückliegen, versetzt habe, so schien mir dies theils nothwendig, theils auch dem Zwecke, den ich im Auge hatte, förderlich zu sein. In wie weit ich aber diesen Zweck erreicht habe, das zu beurtheilen ist nicht meines Berufes; ich bin mir indessen wohl bewußt, daß es mir nicht gelungen ist, das Ideal, das mir bei meiner Arbeit vorgeschwebt hat, in allen Theilen zu verwirklichen. Der Stoff war oft spröde und einer gleichförmigen Behandlung des Ganzen widerstrebend, außerdem war es nicht immer leicht, aus der Fülle und Mannigfaltigkeit der Erscheinungen jedesmal dasjenige mit sicherem Takte zu treffen, was meine Leser am meisten interessiren kann, oder dasjenige herauszugreifen, was meinem Zwecke in vorzüglichem Grade diente. Denn nicht nur ein genaueres Verständniß der Naturerscheinungen beabsichtigte ich, sondern wollte auch die Ueberzeugung erwecken, daß die ganze Natur eine Hinweisung auf den Menschen sei, den sie sich zum Werkzeug seiner geistigen Vervollkommnung herausgebildet hat. Einzig in dieser inneren Beziehung der Natur zum Geiste liegt auch die objective Berechtigung für die geistige Deutung der besonderen Naturgestaltungen. Indem ich mir aber gerade dadurch meine Arbeit erschwert habe und mich nicht begnügte, blos den Inhalt des Begriffes einer Physik der Schweiz in allgemeinen Umrissen zu expliciren, wird mein Buch schwerlich dem Schicksale entgehen, daß man an demselben dies oder jenes auszusetzen finden wird. Wie dem sein möge, ich darf mich immerhin mit dem Gedanken trösten, daß das Ziel, welches ich zu erreichen suchte, ein würdiges, und daß auch schon das Streben nach einem würdigen Ziele ehrenwerth ist.

Zurzach, den 15. Januar 1854.

J. Meyer.

Inhaltsübersicht.

Klima der Schweiz.

Erster Brief. Einleitung.

Dadurch daß wir die Schönheit der Natur nicht nur fühlen, sondern ihre Erscheinungen mit verständigem Bewußtsein auffassen, wird ihr Genuß intensiver. Dazu führt die Einsicht in das Wirken der physischen Kräfte und in den Zusammenhang der Erscheinungen, indem sich uns erst dadurch der ganze Reichthum des Naturlebens enthüllt und das in ihm waltende Maß und Gesetz. Viele Naturerscheinungen der Schweiz werden nur erst durch die Betrachtung ihres Zusammenhangs mit der übrigen Erscheinungswelt unseres Planeten verständlich; denn wie die Grundkräfte der Natur unter einander verbunden sind, ebenso auch ihre mannigfachen Wirkungen . . . . . S. 3—7.

Zweiter Brief. Wärmeverhältnisse.

Ganz natürlich ist das Klima der Schweiz von ihrer geographischen Lage abhängig. Da die atmosphärischen Hergänge mit der durch die Sonne erzeugten Wärme in engster Verbindung stehen, so ist zuerst von dieser die Rede. Wärmecapacität der Körper, gebundene und freie Wärme, Verdunstungskälte. Zwei hauptsächliche Ursachen der Temperaturänderung sind die Insolation und Wärmestrahlung. Der Grad der durch Insolation erzeugten Wärme hängt von der Stellung der Erde zur Sonne während des Jahres ab, somit in jedem bestimmten Zeitmoment von der geographischen Breite des Punktes, und von der Tages- und Jahreszeit. Daraus folgen die ungleichen Wärmeverhältnisse in den verschiedenen Zonen. Die drei Abtheilungen der Mittelzone. Continental-, Insel- und Küstenklima . . . . . S. 7—15.

Dritter Brief. Einfluß des Klimas auf den Menschen.

Während der Typus der pflanzlichen und thierischen Organismen sich von den Polen zum Aequator vermannigfaltigt und verbessert, macht davon der Mensch eine Ausnahme. Die Ursache davon muß in seiner höheren Bestimmung gesucht werden, deren Erreichung die physischen Einwirkungen nicht überall auf der Erde gleich günstig sind. Der Mensch unter den klimatischen Einflüssen der verschiedenen Zonen. Außer dem Klima hängt der Entwicklungsgang des Einzelnen, wie ganzer Völker, noch von anderen physischen Momenten ab. Die günstige Lage Europas, seine ausgezeichnete horizontale Gliederung und Bodenplastik, sein gleichförmiges Klima enthalten alle äußeren Bedingungen, unter deren Einfluß die Völker dieses vollkommensten aller Erdtheile eine hohe Culturstufe ersteigen konnten . . . . . S. 15—23.

Vierter Brief. Wärmeverhältnisse der Schweiz.

Das System der Wärmelinien. Ungleiches Verhalten des Wassers und des Landes gegen die Wärme. Durch Meeresnähe und die herrschenden Südwestwinde hat das europäische Küstenland Inselklima, während das Klima von Osteuropa durch die größere Entfernung vom Meere einen continentalen Charakter erhält. Der Unterschied beider Klimate an einem Beispiele gezeigt. Das ver-

änderliche Klima der Schweiz vermittelt das gleichmäßigere Küstenklima von Westeuropa mit dem trockneren von Osteuropa. Jährlicher Spielraum der Temperatur und die mittlere Winter- und Sommerwärme verschiedener Orte in der Schweiz. Einfluß der Mitteltemperaturen auf die Culturgewächse. Die Ungleichheit der Jahrgänge ist von weit verbreiteten Einflüssen abhängig; mancherlei locale Ursachen wirken störend auf die Temperaturverhältnisse ein. Unter dem Einfluß des wärmestrahlenden Afrika zeigt die Wärme in Europa erst unter dem 45. Breitegrad eine raschere Abnahme, und dieser Umstand ist besonders für den Verkehr der Schweiz von Bedeutung . . . . . S. 23—31.

Fünfter Brief. Wärmeverhältnisse der Schweiz.

Die Temperaturverhältnisse in verschiedenen Höhen, sowohl in den Alpen als im Jura. Ursachen, welche die Temperaturabnahme mit der Höhe bedingen. Durchschnittliche Höhe für die Wärmeabnahme um 1 Grad. Einen wesentlichen Einfluß übt aber darauf die Bodengestaltung. Sie ist ferner verschieden zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten und hängt auch von den warmen Süd- und Südwestwinden ab. Manchmal ist im Winter in mäßigen und relativen Höhen die Temperatur höher als im Thal. Im Allgemeinen erfolgt die Wärmeabnahme mit der Höhe anfangs schneller und dann immer langsamer. Auf die Entwicklung und den Charakter der Pflanzenwelt in den Alpen übt die Abnahme der Wärme und des Luftdrucks einen entscheidenden Einfluß, wie sich dies in den verschiedenen Höhenstufen der Pflanzen kund gibt . . . . . S. 31—41.

Sechster Brief. Wärmeverhältnisse der Schweiz.

Verschiedene Höhenisothermen, unter denen die des ewigen Schnees die wichtigste ist. Ihre Höhe auf der Süd- und Nordseite der Alpen, ihre jährliche Schwankung und Bedingungen derselben. Verschiedene andere Ursachen, welche auf die Höhe der Schneelinie einwirken. Es ist natürlich, daß die Alpen eine mächtige Ursache meteorologischer Prozesse des Luftkreises sind; Bergwinde, Gewitter, Nebel- und Wolkenbildung. Große Sommerhitze in den Alpenthälern . . S. 41—48.

Siebenter Brief. Bodenwärme.

Bedingungen für das organische Leben an der Erdoberfläche. Die Sonnenwärme dringt nur langsam und bis zu einer geringen Tiefe in dieselbe ein, weshalb die jährlichen Wärmewechsel in verschiedenen Tiefen auf verschiedene Tage fallen. Der Vorgang der Wärmeleitung in den Bodenschichten; die im Winter von unten nach oben stattfindende Wärmebewegung ist den tiefer wurzelnden perennirenden Gewächsen günstig. Tiefe, in welcher der jährliche und tägliche Spielraum der Wärme unmerklich wird. Ursachen, welche hiervon Abwechselungen herbeiführen. — Eisgrotten und Windhöhlen . . . . . S. 48—52.

Achter Brief. Atmosphärische Feuchtigkeit und Kreislauf des Wassers.

Wichtigkeit des atmosphärischen Wassers für das organische Leben des Festlandes. Bedingungen, von denen die Menge des in der Atmosphäre befindlichen Wasserdampfes abhängig ist. Absolute und relative Dampfmenge; Gesammtmenge der jährlichen Verdunstung. Die atmosphärischen Niederschläge. Hauptformen der Wolken, bei deren Bildung vielleicht noch andere Potenzen thätig sind als Wärme und Schwere. Vorgang der Tropfenbildung. Nebelbildung und Zahl der Nebeltage. Kreislauf des Wassers. Kraft des fließenden Wassers auf Erden. Die Menge desselben läßt sich annähernd ermessen aus derjenigen des Rheines. S. 52—61.

Neunter Brief. Verhältniß der Niederschläge zur Temperatur und Niederschlagszonen.

In der Atmosphäre ist Alles zugleich Ursache und Wirkung und dieses Wechselverhältniß erklärt eine Menge Erscheinungen in derselben. Wirkungen der latenten Wärme. Jahreszeitenregen und verschiedene Niederschlagszonen. Die Schweiz liegt in der Zone des veränderlichen Niederschlags. Jährliche Regenmenge und Zahl der Regentage. Einfluß der Gebirge und des Föhns auf die Regenmenge. S. 61—69.

Zehnter Brief. Gletscher.
Die Gletscher, welche in manchen Gegenden bis zu fast 3000 Fuß Höhe hinabreichen, sind in den Alpen in größter Mannigfaltigkeit entwickelt und bedecken in der Schweiz einen Raum von 50 Geviertmeilen. Man unterscheidet Firn-, Thal- und Jochgletscher. Höhenisothermen, zwischen denen sie sich in unsern Alpen bilden. Bedingungen, welche die Gletscherbildung begünstigen. Der Firn und gefärbte Stellen desselben. Die Gletscher entstehen durch Umwandlung des Firns. Beschaffenheit des Gletschereises, Spalten in demselben und Veränderlichkeit seiner Oberfläche. Ausdehnung der Gletschermasse und Abschmelzen derselben während des Tages und während der wärmeren Monate. Durch das Abschmelzen entstehen Trichter, Tische und die gewölbte Oberfläche der Gletscher. Das Eis schmilzt an der oberen und unteren Fläche ab, am stärksten am Vorderrand. Bewegung der Gletscher; Gandecken. Gletscherschliffe, erzeugt durch diese Bewegung. Jährliches Vorrücken der Gletscher, Verschiedenheit desselben in verschiedenen Jahren. Die alten Gandecken zeugen von einer einst viel größeren Ausdehnung des Gletschereises. Farbenspiel der Gletscher . . . S. 70—81.

Elfter Brief. Wind und Wetter.
Durch die Winde erhält der allgemeine Charakter der Jahreszeiten in unseren Gegenden individuelle Eigenthümlichkeit. Sie resultiren aus der Störung des atmosphärischen Gleichgewichts, welches sie durch ihre Bewegung wieder herstellen. Ursachen der Störung dieses Gleichgewichts. Erklärung der Luftbewegung und ihres Herganges. Oertliche Winde; Land- und Seewinde, Thalwinde S. 81—87.

Zwölfter Brief. Wind und Wetter.
Passatwinde. Entstehung dieser Winde und der zwischen ihnen liegenden Region der Windstillen. Polarstrom und Aequatorialstrom; beide Ströme begegnen sich unter höheren Breiten, und erzeugen hier die Veränderlichkeit der Winde. In der heißen Zone ist der Polarstrom stets der untere, der Aequatorialstrom der obere, in höheren Breiten wechseln sie mit einander ab. Das große Sandmeer Nordafrikas rückt die Region der Windstillen mehr nach Norden, so daß der von dort aufsteigende warme Luftstrom erst in viel höheren Breiten den Boden erreicht, oder, wenn er früher herabkommt, als Sirocco und Föhn viel wärmer empfunden wird, als der vom atlantischen Ocean herkommende Südwest . . . S. 87—93.

Dreizehnter Brief. Wind und Wetter.
Die Aequatorial- und Polarströmungen sind die Hauptwinde der Atmosphäre. Trockene und regnerische Zeit zwischen den Wendekreisen. Wo beide Strömungen zusammenstoßen, beginnt das veränderliche Klima, in welchem aber während des Jahres Südwest- und Nordostwind die Oberhand haben. Drehungsgesetz der Winde. Die Veränderlichkeit des Witterungsverlaufes unserer Gegenden ist in dem Umstande zu suchen, daß weder die Hauptwinde, noch die Uebergangswinde längere Zeit herrschend bleiben können. — Aus dem häufigen Eintreten kalter oder warmer Winde erklären sich die ungleichen Mitteltemperaturen einzelner Monate. Mit dem Wechsel der beiden Hauptwinde hängt die Ungleichheit der Jahrgänge zusammen, dabei scheint zu allen Zeiten dieselbe Wärmemenge, nur ungleich vertheilt, sich auf der Erdoberfläche zu befinden. Herrschende Winde zu verschiedenen Jahreszeiten in der Schweiz . . . . . S. 93—100.

Vierzehnter Brief. Wetterregeln.
Eine sichere Vorhersagung des Wetters ist vom jetzigen Standpunkt der Wissenschaft noch nicht möglich. In wie weit die meteorologischen Instrumente, namentlich das Barometer, dabei als Hülfsmittel gebraucht werden können. Auch die Wolken können die Witterung der nächsten Tage verkünden. Wetterregeln des Volkes. Die Barometerblumen . . . . . S. 100—108.

Fünfzehnter Brief. Das Volk.
Die nationale Eigenthümlichkeit des Schweizervolkes ist bedingt durch das eigen-

thümliche Klima des Landes, durch seine republikanische Staatsform und seine Geschichte . . . . . 108—111.

Die Alpen.

Sechszehnter Brief. Relief der Schweiz.
Verschiedene Profile mit Höhenangaben. Punkte schönster Aussicht. Das Relief der Alpen ist hauptsächlich bedingt durch die Längen- und Querthäler. S. 115—123.

Siebenzehnter Brief. Bildung der Erde.
Beispiele für die Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche in langsamen und plötzlichen Hebungen und Senkungen der Erdrinde. Zwei Kräfte sind Ursache der Niveauänderungen an der Erdoberfläche, die Schwere und die Wärme des Erdinnern. Neptunische und plutonische Bildungen. Die Kräfte, welche die Erde gebildet, sind noch heute thätig und sind ihrem Wesen und ihrer Gesetzlichkeit nach dieselben, wie vormals. Geologische Zeiträume . . . S. 123—130.

Achtzehnter Brief. Bildung der Erde.
Die drei Stufen in aller freien Entwicklung der Natur. Primitiver Zustand des Erdkörpers. Einzelne Beispiele für die Größe geologischer Zeiträume. Die verschiedenen Zustände der Erde als feurigflüssiger Ball. Erstarrung der Erdoberfläche zu einer heißen Rinde granitener Kieselgesteine. Erster Niederschlag des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes; Entstehung des Urmeeres. Von nun an fortdauernde plutonische und neptunische Bildungen; die ältesten der letzteren wurden zu krystallinischen Schiefern . . . . . S. 130—137.

Neunzehnter Brief. Bildung der Erde.
Zu den zwei Aggregatformen, Luft und Wasser, tritt als dritte das Land, womit die Grundbedingungen eines allgemein verbreiteten organischen Lebens gegeben sind. Aus dieser Epoche stammen die ältesten Ueberreste von Organismen. Ihr Vorkommen durch alle Gesteinsformationen hindurch zeigt, daß die meisten derselben ausgestorbenen Arten angehören und aus sehr verschiedenen Schöpfungsperioden abstammen. Die Versteinerungen sind für den Geologen die vorzüglichsten Anhaltspunkte zur Bestimmung des Alters der Gesteinsschichten. Auftreten, Dauer und Verschwinden einiger Thier- und Pflanzengattungen. Zuletzt erst, als alle Bedingungen gegeben waren, tritt der Mensch auf . S. 137—146.

Zwanzigster Brief. Felsarten.
Neptunische Ablagerungen oder Sedimente, deren Stoff im Wasser entweder chemisch aufgelöst oder demselben mechanisch beigemengt war. Ablösungsflächen, Schichten und Mächtigkeit derselben. Kieselerde, Thon- und Kalkerde nebst Eisen sind die constituirenden Bestandtheile der Sedimente. Dichte und körnige Gesteine, Conglomerate; schiefrige, rogensteinförmige, mandelsteinförmige Structur der Sedimente; poröse und zerklüftete Gesteine. Altersreihe der neptunischen Sedimente nach folgenden Klassen der älteren Geognosie: Uebergangs-, secundäre oder Flötzgebirgsarten, tertiäre und jüngste Gebirgsarten. Plutonische Gesteine und ihre Altersreihe. Mineral- und Erzgänge. Krystallinische Schiefergesteine sind metamorphischen Ursprungs. Unter diesen Begriff können auch die organischen Bildungen gebracht werden. Beispiele für die Metamorphose der Gesteine . . . . . S. 146—162.

Einundzwanzigster Brief. Gesteinsgruppen.
Gleichförmige und ungleichförmige Lagerung. Grauwackengruppe und ihre Glieder; Steinkohlengruppe; Triasgruppe; Jura- und Kreidegruppe mit ihren verschiedenen Gliedern; Molassegruppe; Schutt- und Schwemmland. Mächtigkeit dieser Formationsfolge . . . . . S. 163—174.

Zweiundzwanzigster Brief. Erhebung der Alpen.
Die Hebung der Alpen ist innerhalb eines sehr großen Zeitraums und während desselben in verschiedenen Epochen erfolgt. Die Principien, auf die sich die Er-

hebungsepochen stützen. Hauptabschnitte des successiven Erscheinens der verschiedenen Theile des europäischen Festlandes . . . . . S. 174—181.

Dreiundzwanzigster Brief. Bau der Alpen.
Längen-, Quer- und Diagonalthäler. Die Thäler und Ketten sind ihrer Entstehung nach verschieden. Beispiele aus den Alpen. Centrale Gebirgssysteme, Gebirgszonen, Continente. Die Alpen sind eine Tafelzone, wovon noch in vielen Gegenden deutliche Beweise vorliegen, obgleich Zerspaltungen, Erosion und Einstürze den Tafelcharakter an vielen Orten verwischt haben. Die Längen- und Querthäler sind die Grenzscheide zwischen geologisch verschiedenartigen Gruppen. Sie sowohl, als die Einsturz- und Spaltenthäler lassen uns den Bau des ganzen Systems erkennen. Verwerfungsverhältnisse . . . . . S. 182—196.

Vierundzwanzigster Brief. Bau der Alpen.
Die Alpen sind aber keine bloße Tafelzone, sondern eine Zone mit krystallinischen Centralmassen. Diese sind die Centralmassen des Montblanc, der Aiguilles Rouges, des Wallis, des Gotthard, des Finsteraarhorns, des Adula, des Suretagebirges, des Bernina und Selvretta. Merkmale für den normalen Bau der Centralmassen und Abweichungen davon. Entstehung dieser Massen, welche älter sind als die Tafelzone, die sich erst nach ihnen erhob. Die Centralmassen sind entweder gleichzeitig oder successiv entstanden, und zwar im letzteren Falle die nördlichen vor den südlichen. Der colossale Ringwall von Glaris. S. 196—208.

Fünfundzwanzigster Brief. Die Mittelzone der Alpen.
Quarzit, Talkschiefer, Glimmerschiefer, Gneis, Protogin, Alpengranit, gemeiner Granit, Syenit; Hornblendfels, Chloritschiefer, Topfstein; Serpentin, Diorit; Kalkstein, salinischer Marmor, Kreidebildungen, Cipollin; Dolomit; graue und grüne Schiefer, Anthrazit; Verrucano und rothe Sandsteine. S. 208—223.

Sechsundzwanzigster Brief. Nördliche Nebenzone.
Verschiedene Bergformen. Geognostische Verhältnisse im Berner-Oberland, im Reußthal, in der östlichen Schweiz. Nagelfluhkette. Uebersicht der Formationsfolge in den Alpen . . . . . S. 223—230.

Siebenundzwanzigster Brief. Zerstörungen in den Alpen.
Erosion durch Winde und durch atmosphärisches Wasser. Der Verwitterungsprozeß an Feldspathgesteinen entwickelt. Wirkungen des Frostes. Zerstörung ganzer Formationen und Beispiele dafür. Karrenfelder; Erdpyramiden. Verwitterung der Kalk- und Dolomitalpen. Aeltere und jüngere Erosion. Zerstörungen durch Lauwinen. Erosion durch Gletscher. Bergschlipfe und Bergstürze. Bildung der Thäler durch Erosion . . . . . S. 231—245.

Achtundzwanzigster Brief. Thalsysteme der Alpen.
Die Thalsysteme eine Hauptursache der Bewohnbarkeit der Alpen. Ihre Hauptthäler sind Stromthäler. Charakter der Längen- und Querthäler. Die Natur dieser Thalsysteme prägt sich in der Lebensweise, im Charakter und in den politischen Verhältnissen ihrer Bewohner aus. Die Thalsysteme enthalten die schönsten Gegenden der Schweiz . . . . . S. 245—251.

Das Mittelland.

Neunundzwanzigster Brief. Abdachung, Ausdehnung und äußere Gestaltung.
Das Mittelland trägt in seinem größern Theile keinen Gebirgscharakter, seine Natur ist also von der der Alpen verschieden. Seine Senkung gegen den Jura. Die meisten Bergketten, die dasselbe durchziehen, sind Erosionsketten und seine Thäler Erosionsthäler. Entstehung und Bildung der Erosionsthäler. S. 255—261.

Dreißigster Brief. Geognostische Verhältnisse.
Die Gesteinsarten des Mittellandes gehören dem Tertiärgebirge an. Das Klima zur Zeit der Tertiärbildungen im Vergleich mit den Klimaten der Secundärzeit. Große Menge der organischen Ueberreste und Fortschritt in den organischen Ge-

bilden. Jüngere und ältere Molassebildungen mit den untergeordneten Lagern; Braunkohle, ihr Vorkommen und ihre Bildung. Die jüngsten Ablagerungen. S. 262—276.

Einunddreißigster Brief. Erratische Blöcke.
Vorkommen des erratischen Phänomens in der Schweiz, Beschreibung desselben und seine allgemeine Verbreitung. Drei Klassen von Blöcken. Vier verschiedene Hypothesen, welche das Phänomen zu erklären suchen . S. 276—287.

Der Jura.

Zweiunddreißigster Brief. Aeußerer Bau des Jura.
Ausdehnung des Jura. Das Gebirge ist in der Schweiz vorherrschend Kettenzone mit untergeordnetem Tafellandcharakter. Zwei Hauptrichtungen der Ketten. Uebersicht des äußeren Baues. Vier Erhebungsstufen. Geschlossene und zerrissene Gewölbketten. Plateaus. Längen- und Querthäler . . S. 291—299.

Dreiunddreißigster Brief. Geognostische Verhältnisse.
Bunter Sandstein; Muschelkalk, Gyps und Salzsteinlager; Keuper, Lettenkohle und mineralische Quellen. Unterer, mittlerer und oberer Jura. Kreidebildung. Vorkommen dieser verschiedenen Formationen. Höhlen. Bohnerz. Allgemeine Bemerkungen über die Juraperiode . . . . . S. 299—311.

Vierunddreißigster Brief. Die Entstehung des Jura.
Eine frühere Ansicht erblickt im Jura eine bloße Faltung der Erdrinde durch den Seitendruck der Alpen, eine neuere sieht in ihm eine selbständige Gebirgszone, gehoben durch plutonische Kräfte. Centralknoten des Jura. Zwei Klassen von Hebungswirkungen. Die Erhebungs- und Ausbruchskrater, die fächerförmige Richtung der Felsenbänder und das Alter der nach und nach zu Tage tretenden Formationen liefern die Beweise für die plutonische Erhebung des Jura. Verschiedene Perioden der Erhebung . . . . . S. 311—317.

Die Gewässer.

Fünfunddreißigster Brief. Quellen, Wasserfälle und Flüsse.
Das über ein Land ausgebreitete Wassernetz verdankt seinen Ursprung dem atmosphärischen Wasser. Verschiedene Ursachen der Bodenfeuchtigkeit. Entstehungsarten der Quellen, ihr Wurzelsystem. Wasserreiche Quellen; constante und periodische Quellen; Quellen mit höherer Temperatur; Mineralquellen und ihre verschiedenen Bestandtheile; Thermen und ihre Lage. Theorie der heißen Quellen. — Wasserfälle; verschiedene Klassen derselben. Erosionswirkungen und Gefrieren der Wasserfälle. — Flußgebiet, Flußsystem, Quellenbezirk. Die Richtung der Flüsse ist bedingt zum Theil durch die Richtung der Thäler, andererseits verdanken diese ihre Richtung der Hauptrichtung des Wassers. Mäanderwindungen außerhalb des Gebirgs. Oberer, mittlerer und unterer Flußlauf. — Durch Geschiebe gebildete Betterhöhungen; Inseln, Landzungen, Vorlande, Delta. Die Delta des Rheins, der Maggia, der Rhone, der Lütschine, der Kander und Linth. — Wassermasse, höchster und niedrigster Stand der Flüsse. — Temperaturverhältnisse der Flüsse; Eisbildung, Eisgang . . . . S. 321—346.

Sechsunddreißigster Brief. Die Seen.
Die Geschichte gibt den Strömen einen anderen Rang, als sie durch ihre Größe haben. Aehnlich ist es mit den Seen; Größe verschiedener Seen. Durchsichtigkeit und Farbe ihres Wassers. Beschaffenheit desselben. Das Blühen der Seen. Die Seyches und die Ladieres im Genfersee. Wasserhosen. Temperaturverhältnisse und Gefrieren der Seen. Fluß- und Bergseen und das Verhältniß ihres Wasserstandes zu ihren Zu- und Abflüssen. Die Seen sind eine geologische Erscheinung; Ursprung derselben. Ihre Zahl war früher größer, ihr Wasserstand höher und ihre horizontale Ausdehnung viel bedeutender als jetzt. — Schlußbemerkung . . . . . S. 346—366.

Das Klima der Schweiz.

I

Erster Brief.

Einleitung.

Du findest kaum Worte genug, um mir in Deinem Briefe den Genuß zu schildern, welchen Dir auf Deiner Erholungsreise unsere herrliche Alpennatur bereitet hat. Du hast Recht, wenn Du die Schweiz eines der schönsten Länder der Erde nennst, reich an Naturerscheinungen der mannigfaltigsten Art, und, füge ich hinzu, reich an geistigen Anregungen der edelsten Art. Dies beweist jede Zeile Deines Briefes. Und in der That, nicht nur beim Anblick des unbegrenzten Himmelsraumes, oder auf offenem Meere, sondern auch auf unsern hohen Alpengipfeln erwacht in uns das erhebende Gefühl der Unendlichkeit der Natur; die milde Heiterkeit, die duftige Ruhe und Frühlingsfrische so mancher unserer Seegelände, oder die reiche Mannigfaltigkeit und Erhabenheit einer im Sonnenschein erglänzenden Alpenlandschaft erfüllen den reinen Naturſinn mit einem geheimnißvollen Zauber; überall aber umfängt uns die Ahnung einer in der Natur waltenden Gesetzmäßigkeit und Ordnung, über welche menschliche Willkür und Leidenschaft keine Gewalt hat.

Ich muß Dir daher ebenfalls beipflichten, wenn Du die Ansicht aussprichst, daß der Genuß, den unsere Sinne durch den Anblick all dieser Naturschönheit empfangen, erst dann ein vollständiger werde, wenn wir uns derselben nicht nur mit dem Gefühl hingeben, sondern sie auch mit vollem, verständigem Bewußtsein aufzufassen suchen. Du glaubst, daß hierzu auch die wissenschaftliche Kenntniß der wirkenden Kräfte in den Erscheinungen und ihrer Gesetze gehöre. Auch ich theile diese Meinung. Der erste Eindruck gehört zwar immer dem Gefühl und der Phantaſie an, dann aber macht auch der Verstand seine Rechte geltend.

Denn wenn erst die Welt der äußeren Erscheinungen mit ihren sinnlichen Einwirkungen auf meine Nerven es ist, was mich zu mir bringt und mein Bewußtsein entzündet, so gewinne ich größere Fähigkeit des Selbstgenusses und des Genusses der Natur nur dadurch, daß ich mir von der Natur und ihren Erscheinungen immer mehr aneigne, indem ich sie nicht nur zu empfinden und wahrzunehmen, sondern auch zu begreifen suche, d. h. indem ich nach Verdeutlichung und Einsicht der Natur und ihrer Erscheinungen und Verhältnisse strebe. Die Natur ist nicht nur ein Ruf an die Gemüther, sie ist auch eine Anrede an die Geister, sie ist nicht nur schön, sondern sie ist auch von der göttlichen Macht und Weisheit durchdrungen. Du hast also nicht zu befürchten, daß der Drang nach Erkenntniß, der Trieb der Wißbegierde Dich in dem Genusse der Natur beeinträchtigen könne. Im Gegentheil, je mehr unser Sinn durch tiefere Einsicht in das Wirken der physischen Kräfte und den Zusammenhang der Erscheinungen geschärft wird, desto reicher entfaltet sich vor unseren Blicken das gesammte Werden der Naturgestaltung. Wissen und Erkennen gehören überhaupt zu den besten und edelsten Genüssen des Lebens und das Studium der Natur, immer mild in seiner Wirkung, ist nicht nur eines der andauerndsten Vergnügen des Menschen, welches niemals durch Uebersättigung und Ueberreizung zu schwächen ist, sondern es bewahrt und stärkt zugleich die Gesundheit des Geistes, indem es uns nicht Spreu, sondern Körner als Ernte verheißt. Es ist ein Vorurtheil, daß wissenschaftliche Erkenntniß der Natur das Gefühl erkälte, die Phantasie in ihrem Fluge hemme, und den Naturgenuß störe, es steigert sich vielmehr mit wachsender Einsicht unsere Bewunderung des Reichthums und der Unerschöpflichkeit des Naturlebens. Die Einsicht in das Wirken und den Zusammenhang der uns umgebenden Erscheinungswelt in einem Lande, wie das unsrige, ist kaum weniger erquicklich für den Geist, als der Anblick der stillglänzenden, heiteren Weltruhe am sternenvollen Himmel für den, welcher weiß, daß in diesem Abgrund voll Sonnen alle in friedlicher Harmonie und in regelvoller Weise ihre Bahnen wandeln. Wer in der Vorstellung und im Denken sich die ihn umgebende Natur dadurch zu eigen macht und befreundet, daß er in ihr den ordnenden und einigenden Geist erkennt, der unter der Decke der Erscheinungen verhüllt ist, dem wird sich alles Wahre und Vortreffliche, was in der Natur eine Gegenwart hat, offenbaren, die Natur wird ihm eine freundliche und theure Heimath, während der Un-

wissende, der Natur gegenüber, statt dessen sehr oft die Empfindung einer gewissen Unfreiheit hat, weil sie ihm eine fremde und unbegriffene Macht ist, von der er sich gerade deshalb um so abhängiger fühlt. Von Jugend an sind wir mit Naturerscheinungen mannigfacher Art bekannt geworden, und doch besitzt von Hunderten oft kaum Einer eine richtige Erkenntniß ihrer Ursachen. Weil das Alltägliche am wenigsten unser Nachdenken reizt, obschon uns jede Erscheinung einen Theil von den ewigen Gesetzen des unendlichen Ganzen enthüllt, weil die Gewohnheit uns in den Schlummer der Gleichgültigkeit einwiegt, so vernachlässigt man häufig gerade das, was zu begreifen man vor allen Dingen streben sollte. Eine umfassende und möglichst erschöpfende Erkenntniß der Natur ist zwar nur den auserwählten Geistern vergönnt, aber so viel Muße und Talent hat wohl Jeder, der auf Bildung Anspruch macht, daß er sich wenigstens ein solches Naturwissen erwerben kann, das ihn bei Beurtheilung der gewöhnlichen Erscheinungen um ihn her nicht im Dunkeln und Ungewissen läßt, sondern ihm zu der wünschenswerthen Einsicht in den wesentlichen und nothwendigen Zusammenhang derselben verhilft, und dadurch zu der Anschauung von dem Maß und Gesetz in der scheinbaren Ungebundenheit streitender Kräfte. Wer in solchem Sinne nach Erkenntniß der Natur trachtet, dem wird auch manches Andere von selbst zufallen.

Du wünschest von mir Aufschluß über mancherlei Erscheinungen, welche Dir aufgestoßen sind und die Du Dir nicht zurecht legen kannst, ich soll, gleich Deinem Führer auf Deiner Gebirgsreise, Deinen Blick lenken und Dir die Einzelnheiten der Landschaft erklären. Zwar hättest Du Dich zu diesem Zwecke an Männer halten sollen, die einer solchen Aufgabe besser gewachsen sind als ich; nichts desto weniger will ich Deinem Wunsche zu entsprechen suchen, bemerke Dir aber zum Voraus, theils daß Du selbst die Wanderung durch die Thätigkeit Deines Geistes und durch die Erinnerungen beleben mußt, die sich an die Erscheinungen knüpfen, theils daß mir die Uebernahme der Führerpflicht allein dadurch möglich wird, daß dasselbe Bedürfniß, welches Du empfindest, auch mich früher angetrieben hat, die Weisung und Belehrung der kundigsten und erfahrensten Führer zu suchen. Wenn ich auch nicht überall in ihre Fußtapfen trete, so hoffe ich doch die Wege, die sie mir gezeigt, nicht zu verfehlen.

Erwarte aber nicht, daß ich die Naturerscheinungen, wie sie Land und Luft unsers Landes darbieten, abgesondert für sich und außer dem

Zusammenhang mit der übrigen Erscheinungswelt unsers Planeten betrachten könne; denn die unermeßliche Zahl von Wirkungen verschiedener Grade und Arten, die wir im großen Ganzen der Natur wie in ihren einzelnen Theilen gewahren, greifen überall auf das mannigfaltigste in einander ein. Wie Du weißt, nennt man die Ursachen der einzelnen Wirkungen Kräfte und versteht darunter die Bedingungen einer gewissen Menge gleichartiger Phänomene, oder das zu bewegen und zu beleben Vermögende. Nichts ist also durch sich selbst, von irgend einer Kraft unabhängig, das geworden, was es ist, die Grundkräfte selbst aber sind allwaltende Naturmächte. Wenn man sich daher die Erscheinungen und Veränderungen in der Natur der Schweiz erklären will, so wird man sie auf diese allgemeinen Kräfte zurückführen müssen. Schwere, Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus sind solche Kräfte, sie sind es nicht für ein einzelnes Land oder für einen Erdtheil, sondern für die ganze Erde, ja einige derselben haben sogar allgemein kosmische Bedeutung. Sie selber aber sind wiederum nichts von einander Gesondertes, sondern Aeußerungsweisen eines und desselben Grundwesens. Schon lange sah man sie in so vielfachen Erscheinungen mit einander verbunden, daß sich der Gedanke einer innigen Verwandtschaft zwischen ihnen aufdringen mußte. Ein Beispiel wird Dir dies deutlich machen. Wenn Du einen Eisenstab zu schlagen beginnst, und Zahl, Kraft und Schnelligkeit der Schläge steigerst, so fängt der Stab erst an zu tönen und schickt Schallstrahlen in die Ferne; dann steigt die Temperatur und er sendet Wärmestrahlen; dann beginnt er zuletzt zu glühen und Lichtstrahlen gehen von ihm aus; gleichzeitig zeigen sich dabei elektrische und magnetische Strömungen — eine Ursache, aber die verschiedenartigsten Wirkungen. Der große englische Physiker Faraday, der von der Ueberzeugung geleitet wurde, daß zwischen den einzelnen Naturkräften, welche bei verschiedener Wirkungsweise auf den Stoff verschiedene Klassen von Erscheinungen hervorrufen, auch eine innige Beziehung bestehe, daß sie also gemeinsamen Ursprungs seien, hat eine unmittelbare Verbindung zwischen jenen Kräften nachgewiesen, indem er um die Licht- und Wärmestrahlen galvanische Ströme kreisen ließ. Da nur noch die Beziehung zur Schwere fehlt, um alle Grundkräfte mit einander zu verknüpfen, so ist Faraday gegenwärtig auch mit ihrer Aufsuchung beschäftigt. Wie nun diese Kräfte selbst unter einander verbunden sind, so stehen auch ihre mannigfachen Wirkungen mit einander im Zusammen-

hang und greifen vielfältig in einander ein. Wollen wir uns daher die Naturerscheinungen der Schweiz deuten und sie verstehen, so werden wir uns, wenn wir unser gemeinsames Wanderziel erreichen wollen, sehr oft auf einen höheren Standpunkt stellen müssen, der uns nach allen Seiten eine freie Aussicht gewährt.

Du schreibst mir, daß auf der Heimkehr von Deiner Gebirgsreise, gleichsam wie zum Abschied von einer herrlichen Natur, Dich eine Bewölkung des Himmels bei Südwest überrascht habe, wie Du Dich nicht erinnern mögest, etwas Aehnliches gesehen zu haben. Ich kenne diese unvergleichlich schöne Erscheinung; sie besteht aus zarten, lichten Wolkengebilden, die, wenn sie sich am schönsten darstellen, in einer mittleren Höhe der Atmosphäre schweben und sich wie weiße, große Rosen an einander reihen, zwischen denen ein tiefblauer Himmel hindurchschimmert. Ich habe sie bei uns sonst nirgends so schön als in den Alpen gesehen, jedesmal Vormittags und immer bei Föhn. Lieber Freund, Deine letzte Reisenotiz soll mir den Ausgangspunkt zu meiner Unterhaltung mit Dir abgeben, denn ich gedenke in den nächsten Briefen, die ich an Dich schreibe, mit der Erklärung der Erscheinungen in der Atmosphäre und im Klima der Schweiz mein Führeramt anzutreten.

Zweiter Brief.

Wärmeverhältnisse.

Es scheint mir zweckmäßig, lieber Freund, mit der Lage der Schweiz auf dem Erdenrund den Anfang zu machen, weil vornehmlich sie es ist, welche den Antheil an Licht und Wärme, an Wind und Wetter bedingt, wodurch die Grundzüge ihres Klimas bestimmt werden. Die Schweiz erstreckt sich von 45° 47′ bis 47° 48′ nördl. Breite; Pedrinate im Cant. Tessin und Bargen im Cant. Schaffhausen liegen 30 geogr. Meilen oder 47 Schw. Stunden aus einander. Der längste Tag im Sommer und die längste Nacht im Winter dauert für diese Breitegrade 15—16 Stunden, d. h. so lange verweilt die Sonne über dem Horizont. Der westlichste Punkt der Schweiz, unterhalb Chancy im Cant. Genf, liegt unter 23° 37′, der östlichste Punkt, Piz Ciavallatsch im

Münsterthal, unter 28° 9′, was eine Längenausdehnung von fast 48 geogr. Meilen oder 74 Schw. Stunden ergibt. Die Schweiz liegt also beinahe in der Mitte zwischen dem Aequator und dem Pol und im südlichen Theile des continentalen Westeuropa, das eben so ausgezeichnet ist durch seinen Gebirgscharakter, wie durch die vielen Binnenmeere und großen Meerbusen, welche im Norden, Westen und Süden seine Küsten bespülen. Der Meerbusen von Genua ist 21 geogr. Meilen oder 32½ Schw. Stunden vom Cant. Tessin, Brusio in Puschlav 26 geogr. Meilen oder 40 Schw. Stunden vom adriatischen Meere bei Venedig entfernt. Unser Land liegt also dem Meere ziemlich nahe. Wie Du weißt, versteht man unter Klima alle jene Veränderungen in der Atmosphäre, welche unsere Organe merklich berühren, wohin die Temperatur, die atmosphärische Feuchtigkeit, die Winde und die Größe der elektrischen Spannung gehören, Zustände, durch welche der Luftkreis die Werkstätte des Wetters wird. Wenn nun schon durch das flüssige Element die entlegensten Räume der Erdoberfläche mit einander in natürlichem Verkehr und Austausch stehen, so begreifst Du leicht, daß dies in noch höherem Grade mit dem weit beweglicheren Elemente der Atmosphäre der Fall ist; wir werden daher, um ein richtiges Verständniß der klimatischen Verhältnisse der Schweiz zu erlangen, schon hier unseren Gesichtskreis weit über die engen Grenzen derselben ausdehnen müssen, denn diese Verhältnisse hängen mit den allgemeinen Hergängen im Luftmeere auf's engste zusammen, diese Hergänge selbst aber stehen mit den Wärmeverhältnissen, welche auf der Sonnenstrahlung beruhen, in unzertrennlicher Verbindung, und da die letzteren vorzugsweise den klimatischen Charakter eines Landes bestimmen, so soll auch von ihnen zuerst die Rede sein.

Das ganze Erdenleben hängt von der Sonnenwärme ab, von der unscheinbaren Arbeit des Infusorium und der Entwicklung der rosigen Alge (Discerea nivalis), welche den nördlichsten Saum der über die Erde ausgebreiteten blüthenreichen Pflanzendecke bildet, bis zum schlanken Wachsthum der edeln Palme und zum Wirken seiner mächtigsten Kräfte im tobenden Orkan. Die Sonne ist das belebende, erregende und ordnende Princip der Erde, ihre Wärme ist mittelbar oder unmittelbar die wirkende Ursache in tausend und aber tausend Erscheinungen. Sie verbreitet sich, als strahlende Wärme, von ihrem Urquell in geraden Linien mit der Geschwindigkeit des Lichtes und geht ohne sehr merkliche

Schwächung durch die Luft. Bekanntlich dehnt sie die Körper, in welche sie tritt, nach ihrer Beschaffenheit in verschiedenem Grade aus und häuft sich in den Körpern in ungleichem Grade an, so daß dieselben eine verschieden große Wärmecapacität zeigen, vermöge welcher sie verschiedene Wärmemengen bedürfen, um gleiche Hitzgrade zu erreichen. Setzt man die Wärmecapacität des Wassers bei 22° R. auf 1,000, so ist der Mittelwerth für die Wärmecapacität der Luft 0,267, und der des Erdbodens ungefähr 0,25. Weil die Körper, je nach ihrer Wärmecapacität, beim Erkalten auf gleiche Grade verschieden lange Zeit bedürfen, so ergibt sich aus dem letztgenannten Werthe die schnellere Erkaltung der Erde und zugleich der Einfluß großer Gewässer auf das Klima eines Landes. Merkwürdig ist folgendes Verhalten der Wärme. Wasser, welches bereits zum Siedepunkte erhitzt ist, nimmt keine höhere Temperatur an, wenn ihm auch fortwährend neue Wärme zugeleitet wird; es geht alsdann beständig ein Theil der Wärme in den Dampf über, aber das Thermometer zeigt im Dampf und im Wasser selbst unverändert 80° R. Stellt man Schnee oder Eis, welche genau eine Temperatur von 0° haben, in einem Gefäß auf den geheizten Ofen, so zeigt das beim Schmelzen entstehende Wasser ebenfalls 0°. Es geht daraus hervor, daß die Körper Wärme aufnehmen können, ohne daß ihre Temperatur dadurch erhöht wird, aber sie gehen alsdann aus einem dichten Zustand in einen weniger dichten, aus einem starren in den flüssigen, aus dem flüssigen in den luftförmigen über. Man nennt die so aufgenommene, und dem Gefühl und Thermometer nicht bemerkbare Wärme gebundene (latente). Unter allen Umständen, wo ein Körper aus dem dichteren Zustand in einen weniger dichten übergeht, geschieht dies nur, indem er eine gewisse Menge Wärme bindet. Diese Wärme wird der nächsten Umgebung entzogen und dadurch die Temperatur derselben, der durch das Thermometer angegebene Wärmegrad, erniedrigt. Wasser, in warmen Sommertagen auf den Boden gegossen, verwandelt sich bald in Dampf und nimmt dabei eine beträchtliche Menge von Wärme auf, wodurch die Luft beträchtlich abgekühlt wird. Man nennt dies die Verdunstungskälte. Beim Uebergang eines gasförmigen Körpers in den flüssigen und aus diesem in den festen Zustand geben die Körper ihre gebundene Wärme wieder ab, wobei die dabei frei werdende Wärme wieder fühlbar wird. Ich führe Dir diese Verhältnisse hier schon an, weil sie eine wichtige Rolle im Haushalt der

Atmosphäre spielen, und ich später mehrfache Gelegenheit haben werde, darauf zurückzukommen. Zugleich möchte ich Dich noch auf zwei der hauptsächlichsten Ursachen aufmerksam machen, welche die Temperatur der Erdoberfläche ändern. Wenn immer und überall die gleiche Temperatur herrschte, so wäre der Himmel, bei stets feuchter Atmosphäre, beständig heiter und ruhig, und Wind und Wolken, Nebel und Thau, Regen und Schnee wären völlig unbekannte Erscheinungen. Allein der Temperaturwechsel, von welchem diese meteorologischen Erscheinungen abhängig sind, ist eine allbekannte, nicht immer willkommene Thatsache. Die Quelle aller Wärme an der Erdoberfläche ist die Sonne, deren Strahlen ihr dieselbe unausgesetzt zuführen. Würde die Erde die empfangene Wärme behalten, so müßte sich ihre Temperatur durch Anhäufung stets vermehren; allein ihre Oberfläche strahlt beständig wieder Wärme gegen den Weltraum aus und gibt, wie der geheizte Ofen an das kalte Zimmer, fortwährend Wärme an ihn ab, weil er beträchtlich kälter ist als sie. Die täglichen Aenderungen der Temperatur wären ein Räthsel ohne die Ausstrahlung. Klarer Himmel gibt der Erde gar nichts zurück, und darum sind helle Nächte so kalt. Hält man einer im Scheitelpunkt stehenden Wolke einen Hohlspiegel entgegen und bringt in den Brennpunkt desselben ein empfindliches Thermometer, so steigt dasselbe augenblicklich und fällt sofort wieder, wenn der Spiegel gegen den heiteren Himmel gehalten wird, zum augenscheinlichen Beweis, daß die Wolke Wärme zurückstrahlt. Ein Thermometer steht in einer hellen Nacht im Freien unter einem Tisch höher als auf demselben, und aus demselben Grunde bedeckt der Gärtner junge Pflanzen mit dünnen Matten, die den Luftzug durchlassen, sie aber vor dem erkältenden Anblick des Himmels schützen. Die beständige Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche ist also eine abkühlende Ursache, welcher die Erwärmungsursache oder die directe Sonnenstrahlung (Insolation) entgegenwirkt. Doch hängt der Grad der durch Insolation erzeugten Wärme von der Stellung ab, welche die Erde im Laufe des Jahres zur Sonne einnimmt, da die Sonnenstrahlen um so mehr Wärme entwickeln, je senkrechter sie auffallen. Denn die auffangende Fläche ist bei rechtwinkligem Einfall der Sonnenstrahlen viel kleiner, als bei schiefem, und der Grad der Wärme steht mit der Menge der Strahlen, die den Boden treffen, in directem Verhältniß; überdies werden die unter einem schiefen Winkel die Erdoberfläche treffenden Wärmestrahlen der

Sonne unter demselben Winkel wieder zurückgeworfen, die senkrecht auffallenden dagegen größtentheils aufgenommen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen, die ich Dir nicht ersparen konnte, nähere ich mich wieder dem eigentlichen Gegenstand unserer Unterhaltung, lade Dich aber ein, mit mir, bevor ich auf die klimatischen Verhältnisse der Schweiz zu sprechen komme, eine Wanderung durch die verschiedenen Zonen der Erde zu machen. In dem scheinbar so launenhaften Gebiet der Witterungserscheinungen herrscht eine gewisse Gesetzmäßigkeit, die am entschiedensten in der heißen Zone hervortritt, und welche mit dem regelmäßigen Wechsel der Stellung der Erde zur Sonne, mit der Doppelbewegung der ersteren um sich selbst und um die Sonne zusammenhängt. Wie Du weißt, kreist die mächtige Erdkugel in nie gestörtem Umschwung um ihre schräg gestellte Achse und in größerem Zeitraum um die Sonne, in einer Bahn, deren Ebene nicht sehr beträchtlich ($23^1/_2{}^0$) von der des Aequators abweicht. Die erstere Bewegung führt im Laufe eines Tages die verschiedenen Punkte der Erdoberfläche der Sonne entgegen, fortwährend ihre Lage gegen die auffallenden Sonnenstrahlen verändernd, und theilt zugleich die Zeit in den wärmespendenden Tag und die abkühlende Nacht, durch die letztere ruft sie den Wechsel der Jahreszeiten hervor, gleichzeitig die Dauer des Tages bald verlängernd bald verkürzend, indem sie die Schaaren ihrer Bewohner dem lothrechten Strahl der Lichtquelle periodisch nähert und wieder von demselben entfernt. Offenbar ist also die Intensität der nach einem Punkte der Erdoberfläche strahlenden Sonnenwärme in einem bestimmten Zeitmoment abhängig von der geographischen Breite des Punktes, von der Tages- und der Jahreszeit, und die Veränderungen, die sie erleidet, sind durch die Dauer der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde bedingt. Unter den vielartigen Ursachen nun, welche die Witterungsverhältnisse einer Gegend zu irgend einer Zeit bestimmen, und zu denen die Wärmestrahlung der Sonne und der Erde, der Feuchtigkeitszustand und die elektrische Spannung der Atmosphäre, die Luft- und Meeresströmungen, die Oberflächengestaltung und sehr wahrscheinlich auch die Einwirkung des Mondes gehören, ist, wie ich Dir schon bemerkt habe, der Sonnenstrahlung eine hervorragende Rolle zugewiesen, weil durch sie die meisten der übrigen Ursachen bedingt werden.

Die Verschiedenheit der Temperatur in den Regionen des Aequators und der Pole ist, in Verbindung mit der Kugelgestalt der Erde,

hauptsächlich von dem ungleichen Sonnenstand abhängig, und die längere Dauer des sommerlichen Sonnenscheins ersetzt den Polarländern nur zum Theil wieder, was durch den schiefen Stand der Sonne verloren geht. Allein die Polarkälte wäre doch nicht so groß, als sie ist, wenn sie einzig und allein von dem schiefen Stand der Sonne abhinge und nicht zugleich sich manche secundäre Einflüsse geltend machten. Abgesehen von den dicken Nebeln jener Gegenden, welche die Sonnenwärme nicht zum Boden gelangen lassen, und dem ungleichen Absorptions- und Ausstrahlungsvermögen einzelner Theile der Oberfläche für Licht und Wärme, will ich einzig des Umstandes erwähnen, daß die Atmosphäre, wie alle durchstrahlbaren Körper, nur etwas über die Hälfte von der gesammten Wärme, welche die Tagseite der Erde bestrahlt, zur Bodenoberfläche gelangen läßt, und zwar, bei an und für sich gleichem Durchstrahlungsvermögen, um so weniger, je dicker die Luftschicht ist. In den Polarländern muß nun aber gerade die Sonnenwärme, weil sie in sehr schiefer Richtung dahin gelangt, durch eine viel dickere Luftschicht strahlen, als bei uns oder in der Tropenzone. Während daher die mittlere Jahrestemperatur am Aequator auf 22° R. steigt, starrt die Oberfläche des Bodens in 80° nördl. Br. von unschmelzbarem Eise, ja die Einwirkung der Sonne ist schon unter dem 70. Breitegrad nicht mehr im Stande, den gefrorenen Boden tiefer als einige Fuß aufzuthauen, so daß eine Art unterirdischer Gletscher selbst mitten im Sommer eine kälteerregende Wirkung auf die Bodenoberfläche ausüben muß. Da nun die Sonne die Luft unmittelbar nur wenig erwärmt, und ihre Strahlen erst dann, wenn sie an der festen oder tropfbar-flüssigen Oberfläche angelangt sind, wirksam werden, so erwärmt sich die Luft erst auf Kosten dieser Oberfläche, durch Wärmestrahlung der letzteren und Berührung mit ihr. Weil aber jene hochnordischen Länder wenig Wärme empfangen, so können sie auch nur wenig Wärme an die sie umgebenden unteren Luftschichten abgeben. Endlich ist noch ein Umstand zu berücksichtigen, auf den ich Dich bereits aufmerksam gemacht habe. Die Polargegenden verlieren, weil sie in ihren Winternächten der Sonne lange entbehren, viel Wärme, und erkalten um so mehr, je heller der Himmel ist, denn Wolken umgeben die Erde wie ein Mantel und schützen ihre Oberfläche mehr oder weniger vor Abkühlung durch Ausstrahlung. In der heißen Zone dagegen bescheint, bei meist ungetrübtem Himmel, die hoch gehende Sonne, deren Wärme nur eine verhältnißmäßig dünne

Luftschicht zu durchstrahlen hat, die Tropenländer das ganze Jahr hindurch wenigstens 12 Stunden täglich, so daß der Wärmeverlust durch Ausstrahlung nicht im Stande ist, ihre Temperatur tiefer als bis zu 20 und 22 Grad Mittelwärme zu erniedrigen.

Da die Sonne jeden Ort zwischen den Tropen binnen Jahresfrist zweimal senkrecht bescheint, so erregt sie in dieser Zone die größte Wärme auf der Erde und verursacht zugleich geringe Temperaturunterschiede zwischen den Jahreszeiten. Hier entfaltet daher auch das Leben der Natur seine größte Kraft und Fülle, am reichsten und glänzendsten in dem feuchten Stromgebiete des Marannon, in dem glücklichen Indien und auf den paradiesischen Eilanden des asiatischen Archipels. So wahr ist es, daß man die Sonnenwärme unsers Erdkörpers als die allerkräftigste Lebensursache, als die allerwirksamste Lebenshülfe zu betrachten hat! Unsichtbar, wie die Schwere, durchdringt sie, wie diese, Alles, es aus der Erstarrung zu Bewegung und Leben führend, und je größer sie ist, desto siegreicher überwältigt sie die träge Gleichgültigkeit der Materie, indem sie ihr im Reiche des organischen Lebens eine verklärte, üppig reiche Natur entlockt. Ueber die Grenzen der Tropenzone hinaus empfängt die Erdoberfläche in dem Grade weniger Wärme und treten die Temperaturunterschiede der Jahreszeiten um so stärker hervor, je mehr man sich dem Polarkreise nähert. Zwar da, wo die Richtung der Sonnenstrahlen noch nicht beträchtlich von der lothrechten Lage abweicht, wo das Abprallen und Zurückstrahlen derselben noch nicht so groß ist, daß ein tieferes und andauernderes Eindringen ihrer Wärme in die Oberfläche der Erde verhindert würde: im Sommer der mittleren und südlichen gemäßigten Zone, wo Land und Meer während einer längeren Tageszeit von der Sonne beschienen werden als zwischen den Tropen, wirken ihre Strahlen noch kräftig genug, um der ganzen Natur ein belebtes, heiteres und geschmücktes Aussehen zu geben. Allein in der Polarregion, in welcher wegen des Kugelbaues der Erde die Sonnenstrahlen in abgleitender, stark geneigter Richtung auffallen, ist ihre Wärmeentwickelung nur schwach, weil sie hier mehr zur Zerstreuung und Zurückstrahlung als zu einem tiefen und andauernden Eindringen geneigt sind. Wenn in den Ländern des gemäßigten Himmelsstriches die Gestalten der Vegetation noch viel Abwechselung und Bildungskraft zeigen und auch die Thierarten noch zahlreich und mannigfaltig auftreten; so nimmt dagegen in den kalten Polarländern des Nordens das

Leben eine traurige und verkümmerte Gestalt an und scheint mit dem Verschwinden der kurzdauernden Sommerwärme entflohen und erloschen zu sein. Die Pflanzenformen, welche in der gesammten Vegetation die niedrigste Stufe einnehmen, die Kryptogamen, erhalten das Uebergewicht, die Baumvegetation, welche einer Landschaft Mannigfaltigkeit und Belebtheit gibt, fehlt oder ist verkrüppelt, und in der Thierwelt herrschen die Meergeschöpfe vor. Der Mensch selbst ist hier entstellt und verkommen; denn überall auf dem weiten Erdreich kann er nur da sein Leben menschlich gestalten und desselben froh werden, wo der erwärmende Sonnenblick und die nöthige Feuchtigkeit im Verein mit den bildenden Trieben die Fülle des organischen Lebens erwecken. Dieselben Ursachen, welche in der Polarregion eine ersterbende Vegetation zur Folge haben, bewirken aber auch, daß unter höheren Breiten der gemäßigten Zone beim niedrigen Stand der Wintersonne das frische Grün der Wälder und Fluren abstirbt und der einkehrende Winterschlaf seine langen traurigen Monate hindurch regiert. Denn so wie im Laufe des Tages die Wärme zunimmt, wenn die Sonne höher steigt, und am Abend wieder abnimmt, so müssen wir aus eben diesem ungleichen Stande den Unterschied zwischen Sommer und Winter ableiten. Ganz natürlich gestaltet sich der Verkehr zwischen Erde und Luft ganz anders, je nachdem die Atmosphäre stark erwärmt, ausgedehnt und zu elektrischen Producten angeregt, oder durch Wärmemangel zu krystallinischen Bildungen veranlaßt wird. Die Sonne ist daher, obgleich sie überall als das oberste Regulativ des Erdenlebens gelten muß, dies doch ganz besonders für die vom Aequator entlegenern Gegenden, in welchen der Wechsel der Jahreszeiten sich schärfer ausspricht.

Ehe ich diesen Brief schließe, noch einige Bemerkungen, die Dein geographisches Wissen auffrischen sollen. Du weißt, daß in der Mittelzone, welcher wir angehören, die warme Zeit noch über entschiedene Frostzeiten den Sieg davon trägt. Sie zerfällt indeß in die drei Abtheilungen des warmen, mittleren und kühlen Striches und erstreckt sich von einer Linie jährlicher Mittelwärme (Isotherme) mit $+18^{0}$ R. bis zu einer anderen von 0^{0}. Eine gemäßigte, polwärts abnehmende mittlere Jahrestemperatur, eine mit der Länge der Tage steigende Sommerwärme und die regelmäßige Folge der vier Jahreszeiten bestimmen das Grundklima der meisten Länder dieser Zone. Dasselbe nimmt aber in den Ländern, welche, entfernt vom Meere, im Inneren der Continente

liegen, den Charakter eines excessiven oder Continentalklimas an, in welchem auf warme Sommer kalte Winter folgen, und wird in den meeresnahen Ländern zum Insel- und Küstenklima, das alle busen- und halbinselreichen Continente genießen, indem die benachbarten temperaturausgleichenden Meere gleichzeitig die Rauheit des Winters und die Hitze des Sommers mäßigen. Das östliche und westliche Europa stehen in einem solchen Gegensatz zu einander, welcher sich vorzüglich in seinem Einfluß auf die Durchsichtigkeit des Himmels und die Wärmestrahlung der Erdoberfläche, auf die Kraft der Vegetation und das Gedeihen des Ackerbaues äußert.

Dritter Brief.

Einfluß des Klimas auf den Menschen.

Mag auch mein letzter Brief Dir wenig Neues gebracht haben und mehr nur eine geographische Repetition für Dich gewesen sein, immerhin trägt sein Inhalt zur Orientirung hinsichtlich der klimatischen Verhältnisse der Schweiz bei, deren Lage nach Graden der Breite und Länge ich Dir bezeichnet habe. In meinem nächsten Briefe komme ich auf diese Verhältnisse zu sprechen; diesmal mußt Du schon noch einigen allgemeinen Betrachtungen Dein Gehör leihen.

Die Geschichte der Civilisation der Völker war von jeher, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, abhängig von den physischen Einflüssen der Erde. Dies rührt einfach daher, daß der Mensch nicht außerhalb, sondern innerhalb der Natur steht. Schon die gemeinste Erfahrung nöthigt uns, der Körperwelt einen Einfluß auf die Geisteswelt einzuräumen. Dies gilt auch vom Klima, das nicht nur einen entscheidenden Einfluß auf die ganze Organisation des Menschen ausübt, sondern auch die Gegenstände des Bedürfnisses bald so, bald anders bestimmen, hier einfacher, dort mannigfaltiger machen, dem Menschen die Befriedigung derselben, die Erreichung seiner Absichten erleichtern oder erschweren und dadurch seiner Thätigkeit eine eigenthümliche und verschiedene Richtung geben kann. — Es ist Dir wohl nicht entgangen, daß der Typus der Pflanzen- und Thierorganismen von den Polen zum Aequator eine

Vermannigfaltigung und Verbesserung erkennen läßt, deren Grad zwar von verschiedenen Bedingungen abhängt, die zur Entwickelung des materiellen Lebens anregen können, überall aber mit der Intensität der irdischen Sonnenwärme in gleichem Verhältniß steht. Hievon macht der Mensch, dessen reinsten und vollendetsten Typus die weiße oder kaukasische Race vertritt, eine Ausnahme, indem das über ihm waltende Gesetz nicht blos ein physisches, sondern in höherem Grade noch ein moralisches ist, und die Vervollkommnung seines Typus im Verhältniß seiner intellectuellen und moralischen Veredlung steht. Der Mensch kann entarten, das Thier aber nicht, denn sein Dasein ist ein gebundenes, in seiner besonderen Gattung in feste Grenzen eingeschlossenes, innerhalb welcher es die ihm verliehenen Instinkte sicher leiten. Es ist auch gar nicht seine Bestimmung, so wenig als die der Pflanze, sein inneres Wesen zu veredeln und ein Anderes, Höheres zu werden. Der Mensch hingegen hat die freie Wahl, die ihm verliehenen Kräfte zum Guten oder Bösen anzuwenden, aber die Kräftigung und Veredlung seiner höheren Seelenkräfte durch Uebung liegt offenbar in seiner Bestimmung. Stillstand ist Rückgang in seiner Entwickelung, das ist eine alte Wahrheit, und eben so dies, daß er sinkt und fällt, wenn er sich den niederen Trieben seiner thierischen Natur hingibt und die ihm verliehenen, ihn auszeichnenden Gaben vernachlässigt oder mißbraucht. Alles Heil für den Menschen liegt darin, daß er in ersprießlicher und würdiger Thätigkeit und allein hierin seine Freude und seinen Genuß findet. Eine solche unausgesetzte Richtung zum Thätigen übt die Kräfte, weckt Talente und erzeugt Charaktere, welche in engeren oder weiteren Kreisen, auf höherer oder niederer Stufe einen bestimmenden Einfluß auf ihre Umgebung auszuüben berufen sind. So viel, als immer möglich, zu genießen, und so wenig, als immer möglich, zu thun, das ist die Aufgabe der verdorbenen Menschennatur, und die mancherlei Versuche, welche gemacht worden sind, um sie zu lösen, sind die Laster derselben. Die Erde, der Wohnsitz des Menschen, ist auch der Schauplatz seines Thuns und der Thaten der Nationen. Die Ursachen, welche hierauf, so wie auf Charakter, Sitte und Lebensart der Völker einwirken, sind bekanntlich mannigfach und theils moralischer, theils physischer Natur. Zu den letzteren gehört die Bodengestaltung, vielleicht die Abstammung, vorzüglich aber das Klima. Selten bildet sich ein Mensch oder ein Volk im Widerstreite mit diesen physischen Einwirkungen, niemals davon unabhängig.

Da das Klima unstreitig einen weitgreifenden Einfluß ausübt, so laß uns sehen, wie sich unter demselben das Leben der Menschen in den verschiedenen Erdstrichen gestaltet.

In der Tropenzone entwickelt sich, wie Du gesehen hast, das physische Leben zur höchsten Kraft. Dies gilt auch von den Eingeborenen dieser Länder, weshalb in ihnen der physische Trieb und Instinkt und die unteren Seelenthätigkeiten die Uebermacht über die höheren Geistesvermögen gewinnen. Fast überall führt den Menschen Bedürfniß und die Nothdurft des Lebens zur ersten Arbeit, Liebe zum Genuß erwacht später und läßt ihn dann manches Schwere unternehmen und ertragen, was nicht nothwendig wäre. Allein die in ihren Gaben zu reiche, zu verschwenderische Tropennatur fordert den Menschen zu wenig auf, von ihr durch fortgesetzte Anstrengung und Mühe seinen Unterhalt zu erringen. Die stete Gleichförmigkeit eines heißen Klimas, beim Wegfallen einer ausruhenden Winternatur, macht die herbstliche Vorsorge und die damit verbundene Bodencultur überflüssig. Denn die winzigen Fleckchen Culturland um die Hütten der Tropenmenschen, von denen ein jedes, wegen des übergroßen Reichthums so mancher tropischen Gewächse an Nahrungsstoff, eine zahlreiche Familie ernährt, wirst Du nicht mit den Culturen im Großen vergleichen wollen, an die unser Auge in den gemäßigten Himmelsstrichen gewöhnt ist. Die Tropennatur spornt den Menschen wenig an, im Kampf mit ihr seine Kräfte zu messen, und weil er rings um sich übermächtigen Einwirkungen begegnet, so ergibt er sich ihnen auf Gnade und Ungnade. In der Regel träg bis zur Indolenz, ruht er daher unthätig in seiner Hütte, bis das Bedürfniß der Nahrung ihn mahnt, und selbst dann noch macht er oft Gebrauch vom Recht des Stärkeren, indem er seine Weiber und Kinder die meisten Arbeiten verrichten läßt. Da Zauberei bei ihm die Stelle der Religion, Begierden und Wünsche die Stelle der Maximen und sittlichen Grundsätze vertreten, und er durch keine Gesetze in den Schranken bürgerlicher Ordnung gehalten wird; so werden seine geistigen Kräfte von den Eingebungen seines Instinkts und der rohesten Sinnlichkeit beherrscht. Die ungezügelten Ausbrüche der Leidenschaften, besonders der Rachsucht und Eifersucht, sind bei ihm um so furchtbarer, als sie oft schnell aufwallen. Daher ist von einer besonnenen Ueberlegung in dem Sinne, daß er, um dem Widerrufe und der sittlichen Reue vorzubeugen, reiflich erwöge, was er sich vorsetzt, und das Resultat einer solchen

Ueberlegung mit völliger Hingebung vernähme, vom Gebrauche der Vernunft also ist bei ihm selten die Rede. Wenig geneigt zur Geistesanstrengung unter der brennend heißen Tropensonne, wird er, von der ihn umgebenden Natur unterworfen und an ihre Uebermacht sich gewöhnend, der Sklave der äußeren und seiner eigenen sinnlichen Natur. Nicht ein einziges Denkmal ist daher aufgefunden, welches beweisen könnte, daß in den tropischen Continenten je eine Epoche höherer Civilisation existirt habe. Denn was die Europäer nach der Entdeckung Amerikas in Merico und Peru fanden, das auf einen alten Culturzustand jener Völker schließen läßt, gehört nicht hieher, weil jene Länder durch ihre bedeutende Höhe über dem Meere aus dem tropischen Klima herausgerückt sind. — Ganz anders finden wir die Verhältnisse in dem Erdgürtel der gemäßigten Klimate. Zwar, ohne Arbeit zu leben, fühlte sich, wenn es möglich wäre, der Mensch auch hier geneigt; allein die Natur nöthigt ihn zur Anstrengung seiner körperlichen und geistigen Kräfte. Der bestimmt ausgeprägte Wechsel der Jahreszeiten, die Temperatursprünge zwischen Wärme und Kälte, die frischere Luft mit ihren mannigfaltigen Strömungen spornen und gewöhnen ihn zur Lebendigkeit, zu einem beständigen Kampfe mit der Natur, welcher ihn zur Entwickelung aller seiner Kräfte, zu einem höheren, weiter reichenden Können führt. Weil sie wenig von selbst gibt und jährlich ihre regelmäßige Winterruhe hält, so muß der Mensch ihr mit Mühe und Arbeit ihre Gaben abringen und durch vorsorgliche Thätigkeit Vorräthe sammeln, und sie vergilt ihm nur im Maße seiner Anstrengung. Dabei ist sie aber weniger mächtig als unter den Tropen, und läßt dem Menschen überall eine sichere Hoffnung zum Siege durchblicken. Unermüdliche, kluge Thätigkeit bringt sie, so ökonomisch sie ist, dahin, mehr zu liefern, als zum täglichen Unterhalt nothwendig ist. So erwacht im Menschen die Liebe zur Arbeit und zum Genuß derselben, und zuletzt die Arbeitsamkeit aus Grundsätzen, welche ihm dieselbe als Pflicht auferlegen. Und indem ihm die Natur noch Zeit und Lust übrig läßt zur Uebung und Bildung seiner intellectuellen und moralischen Kräfte, schreitet er von dem blos sinnlichen Erkennen zum verständigen Denken, von der rohen Begierde zur überlegten Wahl. Auf solche Weise entfaltet sich das geistige Leben, dessen Hauptsitz ohne Zweifel die Reproduction in ihren beiden Formen als Gedächtniß und Einbildungskraft ist. Der einzelne Augenblick gibt bekanntlich durch die Sinne sehr wenig, und

wir würden thierisch beschränkt sein, bliebe uns nicht die Vergangenheit als ein Schatz, in den wir unaufhörlich zurückgreifen. Die Reproduction verknüpft vielfältig früher Gesehenes und Erlebtes nach Aehnlichkeiten, setzt eins an die Stelle des anderen, woraus neue Zusammensetzungen, oder Erdichtungen, entstehen. Bis zu festen Producten reift das Werk der Einbildungskraft in Mythen und Sagenkreisen, deren Inhalt die tieferen Interessen und Mächte sind, welche den Menschen bewegen, und welche dann als Gegenstände des Glaubens von der Kunst der Darstellung ergriffen werden. Hat sich die Urtheilskraft mehr ausgebildet, so entwickelt sich das Forschen nach dem Zusammenhang der Dinge, ihren Ursachen und ihrer Gesetzmäßigkeit, und damit die Wissenschaft. Und weil die Wohlfahrt der Menschen der gemäßigten Zone auf den Anbau des Bodens gegründet ist, so bedarf er des Schutzes für das Werk seiner Hände und findet ihn in den Gesetzen der bürgerlichen Gesellschaft, in denen sich der nothwendige Inhalt findet, der dem Einzelnen die Regel gibt, an die er sich binden soll, damit er sich selbst so viel als möglich in die Gewalt bekomme. Ist einmal der Mensch auf dieser Stufe geistiger Entwickelung angelangt, so begnügt er sich nicht mehr damit, nur das für das Leben Nothwendige herbeizuschaffen; seine Bedürfnisse, Triebe, Neigungen steigern und erweitern sich allmälig ins Unendliche, und er gönnt sich keine Ruhe, ehe er nicht der ihn umgebenden Natur den Stempel seines Willens aufgedrückt, oder auch alle Regionen der Erde durchforscht hat, um Alles ans Licht zu ziehen, was er zu seinen Zwecken verwenden kann; alle Kräfte der Erde, die Stellung und der Lauf der Gestirne werden benutzt, um sich die Natur dienstbar zu machen, und in jedem Siege, welchen er über sie erlangt, hat er das Bewußtsein, daß er mit Selbstbestimmung und durch eigene Arbeit sich eine Welt geschaffen. Doch auf diese Höhe geistiger Ueberlegenheit, von welcher der Mensch die Natur nöthigt, im Dienste des Geistes Höheres zu vollführen, als ihr in dem Wirkungskreise ihres eigenen Daseins möglich gewesen wäre, hat es in der Zone des gemäßigten Himmelsstriches nur der Europäer gebracht. Verstehe mich aber wohl; ich meine nicht, daß es selbst dem intelligentesten Menschen gelingen werde, die Naturkräfte und ihre Gesetze zu ändern, vielmehr macht er die Natur dem von ihm gegebenen Zweckgesetze nur dadurch unterthan, daß er ihre Kräfte in ihrer Wirksamkeit zu erkennen sucht, um mit ihrer Hülfe die Natur nach Planen zu ordnen, die der Entwickelung der

Menschheit selbst nachgebildet sind. Wo er anders verfährt, wo er in kindischer Zerstörungssucht, oder aus Unbesonnenheit z. B. die Pflanzenschätze verschwendet, da läßt er hinter sich die Wüste, um wilden Horden oder Thieren die entwürdigte Erde zu überlassen. — Wenn in der heißen Zone das ganze Jahr eine drückende Hitze herrscht, welche alle lebenden Geschöpfe nöthigt, zweimal während des astronomischen Tages die Ruhe zu suchen, Nachts und um die Mittagszeit, wo eine majestätische Stille über die im Sonnenschein ruhende Tropennatur verbreitet ist; so weicht in der Polarzone ein kurzer Sommer schnell wieder dem ewigen Winter, der mit seinen Schneestürmen und seiner grimmigen Kälte den Aufenthalt in jener Zone zu einem der traurigsten macht. Der Kampf, welchen hier der Mensch mit der Natur zu bestehen hat, welche rauh und karg und voll eigener drückender Noth ist, verspricht ihm nur wenig Erfolg; es ist ein Ringen, bei welchem der besiegte Gegner, wenn er überhaupt überwunden werden kann, sich schnell wieder von seinem Falle erhebt. Mit Ueberwindung tausendfacher Schwierigkeiten, mit außerordentlicher Kraftanstrengung glückt es dem Polarmenschen wohl, für seinen eigenen Unterhalt nothdürftig Rath zu schaffen, um sich vor dem drückenden Elende der langen, eisigen Winterzeit zu schützen, aber dabei sieht er sich wegen der äußerst kümmerlichen Vegetation auf die Thierwelt und hauptsächlich auf die Bewohner des Meeres angewiesen, die ihm die gewöhnliche Nahrung, Licht und Feuerung geben. Unter der Strenge seines Klimas und bei anhaltender Entbehrung des Tageslichtes, verbunden mit Mangel an Ausdünstung in ihren blos gegen die Kälte schützenden Höhlen, geht er durch überhand nehmenden Scorbut häufig unter. Du begreifst leicht, daß unter so traurigen Verhältnissen keine höhere Civilisation möglich ist, Armuth und Sorge sind das Erbtheil von Menschen, die in diesem immerwährenden Drangsal nie dazu kommen, an geistige Ausbildung zu denken.

Also nur in der gemäßigten Zone ist es dem Menschen möglich geworden, zwar nicht sich den Einflüssen der Natur zu entziehen, aber sich von ihrer unbedingten Autorität zu emancipiren und ihre Kräfte in den Dienst geistiger Entwickelung zu nehmen. Laß mich zum Schlusse heute noch einen Blick auf Europa werfen, um dann im nächsten Briefe auf die Schweiz überzugehen.

Die großen historischen Lebensmomente der Völker knüpfen sich nicht nur an das Klima, sondern an die Kraft und Vertheilung der

physischen Lebensadern überhaupt, an die Wasserstraßen der Continente, an die Nähe des Meeres, an die Ungleichheit der Bodenplastik und an alle die Contraste, welche auf der östlichen Halbkugel die Natur im Innern der nördlichen Landwelt an den Tag legt. Daher sind auch die Länder dieses Erdstriches der Schauplatz der Weltgeschichte. Von Europa, Asiens großer westlicher Halbinsel, gehen seit Jahrtausenden die Strahlen der Bildung in die übrigen Erdgegenden aus; es hat, als Mittel- und Brennpunkt der cilivisirten Erde, die anderen Erdtheile in leiblicher und geistiger Beziehung überwältigt, indem es der Mensch nirgends so geschickt verstanden hat, die Natur als Werkzeug seiner intellectuellen Macht zu gebrauchen. Kaum gibt es eine wichtigere, aber auch kaum eine schwerer zu erklärende Erscheinung, als diese Ueberlegenheit Europas über die anderen Erdtheile. Das Edelste, das Herrlichste jeder Art, was die Menschheit aufzuzeigen hat, keimte oder reifte wenigstens auf europäischem Boden. In der Menge, in der Mannigfaltigkeit und Schönheit ihrer natürlichen Producte stehen Asien und Afrika über Europa; aber in Allem, was das Werk der Menschen ist, ragen die Völker Europas vor denen der anderen Erdtheile hervor. Schon die Lage, die geographische und physische Beschaffenheit unsers Continentes bieten eigenthümliche Vortheile dar, welche zur Aufklärung jener Erscheinung gewiß nicht wenig beitragen. Kein Erdtheil ist verhältnißmäßig reicher an Halbinseln und vielgestaltigen tiefen Meereinschnitten als Europa, und dieser vorzüglich ausgebildete Gliederbau, vermöge dessen der ganze europäische Festlandskern überall dem Meere offen steht und von drei Seiten dem ausländischen Verkehr leicht zugänglich ist, bildet eines der vielen Momente, welche auf die größere Culturfähigkeit eines Erdtheils von entscheidendem Einflusse sind. Die europäischen Meere selbst aber, zwar trennende, zugleich aber auch verbindende Mittel entgegengesetzter Gestadeländer für Völker höherer Intelligenz, führen alle zum atlantischen Ocean und aus diesem in alle Meere der Erde. Hinsichtlich seiner physischen Beschaffenheit ist Europa nicht minder vollkommen entwickelt und zeigt einen ganz speciellen Charakter. Seine Ströme erstlich, alle von einander verschieden, stehen in richtigem Verhältniß mit seiner Ausdehnung, haben Ueberfluß an Wasser, ein schiffbares Bette, ein gut gezeichnetes Gebiet und eine große Verzweigung. Dann aber fehlen unserm Erdtheile die gigantischen Formen Asiens und jene schroffen Gegensätze, welche die benachbarten

Naturen so entschieden von einander absperren, daß an ein Zusammenkommen und Ineinanderleben der Völker gar nicht zu denken ist. Der Boden ist zwar überall von Gebirgszügen durchschnitten und auf die mannigfaltigste Weise geformt, so daß er innerhalb des möglichst kleinsten Raumes am meisten individualisirt ist und die größte Zahl physisch unabhängiger Völkerquartiere darbietet; aber nirgends sind hier jene unzugänglichen Berghöhen zu erklimmen, wodurch, wie in Asien, die Nationen in ihrer Heimath gefangen gehalten werden; unser Erdtheil ist vielmehr nach allen Richtungen durchwandelbar. Es fehlen ihm aber die physischen Gegensätze keineswegs, es gibt eine Nord- und eine Südwelt mit ihren Wirkungen und Gegenwirkungen, aber ihr Unterschied ist nicht mehr so groß, so contrastirend wie in Asien. Europa hat ferner kein so undankbares Klima, daß die Sorge für den bloßen Lebensunterhalt die ganze Kraft des Menschen verschlänge; wir gewahren da weder die überwältigende Hitze der Tropen, noch die ewigen Frostspuren der Polarländer. Es hält fast in Allem, auch im organischen Leben die Mitte, und da es fast durchgehends den Ackerbau erlaubt, ist es ganz geeignet, den Menschen an eine regelmäßige Lebensart, die Quelle alles Wohlstandes, zu gewöhnen; denn es mußte sich die Kunst mit der Natur verbinden, und eben diese Verbindung ist die Mutter der fortschreitenden Bildung unsers Geschlechts. Dazu kommt, daß das europäische Klima durchschnittlich wärmer ist, als man nach seiner geographischen Breite erwarten sollte. Seine höhere Temperatur verdankt es, außer den warmen Südwestwinden und den Strömungen des atlantischen Oceans, vorzüglich dem glücklichen Umstande, daß ihm, statt eines großen Meeres, seiner ganzen südlichen Länge nach die heißeste Binnengegend der Erde, der Hitzherd des nördlichen Afrika, vorgelagert ist, so jedoch, daß das zwischenliegende Mittelmeer die verderbliche Wirkung seiner versengenden Gluthwinde mildert, wodurch die drei ob ihrer Schönheit mit Recht bewunderten südlichen Halbinseln die Schatzkammern Europas und seine höchsten Glanzpunkte werden. Die herrschenden Südwestwinde, in Verbindung mit den vielen temperaturmildernden Binnenmeeren, geben überdies dem Klima Europas den Charakter einer gewissen Einförmigkeit, welche nur diesem Erdtheile eigen ist, und diese fast durchgehende klimatische Einheit, neben großer, aber mehr untergeordneter Mannigfaltigkeit, hat auch die größere innere Einheit und harmonische Entfaltung seiner Völkerschaften mit bedingen helfen, bei

einer großen Vielartigkeit ihrer Naturen und Individualitäten nach Anlagen und Entwickelungen aller Art. Eben daraus konnte eine gegenseitig in einander greifende, höher gesteigerte, allseitigere menschliche und gesellige Cultur hervorgehen.

Vierter Brief.

Wärmeverhältnisse der Schweiz.

In meinen zwei letzten Briefen zeichnete ich Dir die Temperaturverhältnisse der Erde in allgemeinen Umrissen, und habe Dich dabei aufmerksam gemacht, daß die Wärmevertheilung auf der Erde nicht allein vom Sonnenstand, sondern von verschiedenen physischen Ursachen abhängig ist. In der gemäßigten Zone kommen, wie ich Dir bemerkt habe, an den Grenzen Landstriche vor, welche auf der einen Seite das heiße, auf der anderen Seite das kalte Klima theilen, weshalb sie wieder in drei Zonen getheilt wird, die warme, wo noch kein Frost, wenigstens nicht anhaltend, auftritt, die gemäßigte im engeren Sinne, wo die warme Zeit über entschiedene Frostzeiten noch überwiegt, und in die kühle, wo das Verhältniß sich umkehrt. Ich ging dann über auf den Einfluß der klimatischen Verhältnisse auf die Entwickelung des Menschen, und habe zuletzt die geographischen und physischen Ursachen bezeichnet, unter deren begünstigendem Einflusse Europa das Uebergewicht über die anderen Erdtheile erhielt. Diese merkwürdige Erscheinung ist an sich von hohem Interesse, auch abgesehen von ihren Beziehungen zu uns. Denn die europäische Bevölkerung hat der freien Regung ihres Wesens in vielseitiger Thätigkeit eine so kräftige Entwickelung gegeben, daß für die richtige Auffassung ihrer Geschichte eine genauere Würdigung der Verhältnisse, welche fördernd oder hindernd auf jene Entwickelung einwirkten, von entschiedener Wichtigkeit ist. Die Lage Europas, welche seine Verbindung mit den übrigen Erdtheilen ungemein erleichtert, sein günstiges Klima in der gemäßigten Zone mit höherer Temperatur als unter gleichen Breiten anderer Continente, seine ausgezeichnete horizontale Gliederung und die vielgestaltige physische Beschaffenheit seiner Oberfläche; dies sind die verschiedenen Momente, welche auf die Ent-

wickelung der europäischen Bevölkerung von entscheidendem Einflusse waren. Die Schweiz liegt nun aber gerade in demjenigen Theile Europas, den die Natur am mannigfaltigsten und vollkommensten gebildet hat, und so gelten begreiflicher Weise die Vorzüge, welche Europa besitzt, mit gewissen Modificationen auch von ihr.

Ich komme nunmehr auf das Klima der Schweiz zu sprechen, und weil der klimatische Charakter eines Landes durch Winde, durch die atmosphärische Feuchtigkeit, vorzugsweise aber durch die mittlere Jahreswärme bestimmt wird, sowie durch den jährlichen Spielraum der Temperatur; so sind es vor Allem die Verhältnisse der Wärme bei uns, über die ich Dir die nöthigen Erklärungen zu geben habe. Du weißt ohne Zweifel, daß das arithmetische Mittel der an beliebigen Stunden aufgezeichneten Thermometerstände wohl zu unterscheiden ist von der wahren Mittelwärme, und daß, um diese aus jenem zu erhalten, jedesmal die Stunden angegeben werden müssen, an welchen die Thermometerstände beobachtet wurden. Aus den mittleren Temperaturen des Tages ergibt sich die der Monate, Jahreszeiten und des ganzen Jahres, und die von etwa 12 Jahren nach der Durchschnittszahl berechnete mittlere Temperatur betrachtet man gewöhnlich als die jährliche Mittelwärme des Ortes überhaupt. Die halbe Summe der täglichen höchsten und niedrigsten Temperatur (um Sonnenaufgang und zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags) weicht im Allgemeinen nur um wenige Zehntheile eines Grades von der strengen, aus allen Beobachtungen hergeleiteten mittleren Wärme ab und kann diese ersetzen. Daß es für den Ackerbau und für die Wohlfahrt der Menschen wichtig ist, die Menge der jährlichen Wärme und ihre Vertheilung unter die verschiedenen Jahreszeiten zu kennen, kann Dir nicht entgehen. Man hat daher, nach dem Vorgange A. v. Humboldt's, ein System von Wärmelinien aufgestellt, von welchen diejenigen, welche Orte gleicher jährlicher Mittelwärme mit einander verbinden, Isothermen, diejenigen gleicher Sommer- und Winterwärme Isotheren und Isochimenen genannt worden sind. Die Isothermen Europas machen mannigfache Biegungen und bilden Curven mit verschiedenen Scheiteln, welche bald conver, bald concav, d. h. bald dem Pole, bald dem Aequator zugewendet sind. Daraus folgt, daß in Europa nicht alle Orte, welche in gleichem Niveau und unter gleichen Parallelen liegen, auch eine und dieselbe mittlere Jahrestemperatur haben. Westeuropa zeigt die Isothermen mit converen,

Osteuropa die mit concaven Scheiteln, so daß offenbar die jährliche Mittelwärme der Orte unter gleicher geographischer Breite in dem Maße sich verringert, als man sich von den Küsten des atlantischen Meeres entfernt und den continentalen Gegenden unsers Erdtheils sich nähert. Es ist eine bekannte Thatsache, daß Land und Wasser auf verschiedene Weise der Temperatur zugeneigt sind; denn wenn auch beide unter ganz gleicher Einwärme stehen, so ist doch bei Tag und im Sommer das Wasser kälter, während der Nacht und im Winter wärmer als das Land. Das Wasser zeigt überall das Streben, ein und dieselbe gemäßigte Temperatur beizubehalten, während das Land geneigt ist, rasch von einem Extrem zum andern überzuspringen; jenes sucht unabläßig alle sich aufdrängenden Temperaturwechsel ausgleichend zu mildern, während das Land sich ihnen jedesmal ohne Abwehr hingibt. Dieses verschiedene Verhalten des Landes und Wassers zur Wärme äußert bei unseren größeren und tieferen Seen seinen Einfluß besonders im Frühjahr auf die Vegetation, wenn die zu Nebeln verdichtete Feuchtigkeit den Weinstock und die Obstbäume vor dem Froste schützt, der diese Culturgewächse in den von solchen Seen entfernten Gegenden schädigt. Am entschiedensten aber spricht sich dasselbe zwischen Meeren und Continenten aus. Durch Meeresnähe und die herrschenden Südwestwinde hat daher das westeuropäische Küstenland Inselklima, während die größere Entfernung vom Meere dem Klima von Osteuropa einen continentalen Charakter gibt. Ich habe Dich auf den Unterschied dieser beiden Klimate schon aufmerksam gemacht; beim oceanischen weichen Sommer- und Wintertemperatur wenig von einander ab, der Dampfgehalt der Luft ist groß, letztere daher gleichmäßig feucht und der jährliche Spielraum der Wärme gering; der Charakter des Continentalklimas dagegen prägt sich gerade in den großen Temperaturdifferenzen dieser beiden Jahreszeiten aus, der Sommer ist heiß, der Winter kalt und der Dampfgehalt der Luft gering. Es werden daher Länder selbst auf derselben Isotherme, welche entweder eine vorherrschend feuchte oder trockene Atmosphäre haben, vorzüglich in Beziehung auf das Gedeihen der Vegetation einen merkwürdigen Unterschied zeigen, weil in ihnen der charakteristische Lauf des Wetters, wovon jedesmal eines Landes Natur und Schicksal abhängig ist, verschieden sein muß. Ueberall, wo oceanische Einflüsse vorwalten, wird die Atmosphäre durch die vom Meere wehenden Winde mit viel Feuchtigkeit erfüllt, welche an sich schon eine gemäßigte Temperatur begünstigt,

und im Sommer die stärkere Einwirkung der Sonnenstrahlen, im Winter eine große Wärmeausstrahlung des Bodens verhindert. Im Innern eines Continentes hingegen, wo keine feuchten Luftschichten temperaturausgleichend wirken und die Sonnenstrahlung hindern, steigert sich die Sommerwärme beträchtlich, während im Winter die Ausstrahlung des Bodens durch die trockene Atmosphäre begünstigt wird und die Kälte einen bedeutenden Grad erreichen muß. Ein Beispiel wird Dir diesen Unterschied recht deutlich machen. Auf der Küste von Cornwall in Südengland mit ihrem Inselklima grünen, wie in Portugal, der Lorbeer, die Agave und Camelia das ganze Jahr als Zierblume der Gärten, ohne vom Klima gefährdet zu werden, denn die Wintertemperatur ist, wie in Montpellier, gleich + 5°,6; aber es ist auch daselbst die Sommersonne wieder so unmächtig, daß sie die Weintraube nicht zur Reife bringt, da sie nur eine mittlere Wärme von 12°,8 R. gestattet. Dagegen gedeihen, auf derselben Isotherme mit Cornwall, die köstlichsten Weine vortrefflich in Ofen in Ungarn, welches schon mehr continentales Klima hat, daher eine mittlere Wintertemperatur unter 0 und oft lang anhaltenden Frost, aber eine mittlere Sommerwärme von fast 17° R. zeigt. Es versteht sich übrigens von selbst, daß der Uebergang aus dem oceanischen in das continentale Klima überall nur ein allmäliger ist, und daß daher die Ungleichheit des Wärmespielraums bei gleicher Mitteltemperatur von der Küste nach dem Inneren eines Continents im Allgemeinen stufenweise zunimmt.

Die Schweiz, dem mittelländischen Meere sehr nahe und den vom atlantischen Ocean herwehenden Winden leicht erreichbar, hat eine Atmosphäre, welche das ganze Jahr hindurch zur Befruchtung des Landes und zur Speisung der zahlreichen Quellen genügende Feuchtigkeit besitzt. Ihr veränderliches Klima vermittelt, wie das von Deutschland, das gleichmäßigere Küstenklima der westlichen Länder Europas mit dem trockneren der östlichen, wo der eigenthümliche Charakter der letzteren in Ungarn hervorzutreten beginnt. Die Isothermen von 10° und 7°,5 begrenzen im Süden und Norden die Schweiz. Der jährliche Gang der Wärme ist mit mannigfachen Sprüngen und Rückgängen behaftet, und wenn im westlichen Frankreich die vier Jahreszeiten ziemlich allmälig in einander übergehen, so bringt dagegen bei uns die ungleichförmige Vertheilung des Hohen und Tiefen mehr als in Deutschland ein Heraustreten aus dieser natürlichen Einfachheit hervor. Der Frühling ist aus

diesem Grunde und wegen des häufigen Windwechsels bei uns gar oft ein gewaltsames Herausreißen aus dem normalen Zustande, während der Herbst sich viel häufiger als eine Rückkehr in denselben kund gibt. Die Natur schlummert ruhiger ein im Herbst, sie erwacht fieberhaft im Frühling und zeigt jene vielfachen Rückfälle der Kälte, während im Herbst der sogenannte Nachsommer viel beständiger ist.

Der jährliche Spielraum zwischen der mittleren Sommer- und Wintertemperatur ist in der Ebene durchschnittlich 12 bis 15 Grad, während natürlich die Extreme der wärmsten und kältesten Tage sehr oft mehr als das Doppelte betragen. So ist dieser Spielraum in Genf 13°,28, in Bern 13°,12, in Basel 15°,15, während er in Penzance auf der Küste von Cornwall 7°,5, in Moskau 22°,2 beträgt. Er vermindert sich mit steigender Höhe in dem Grad, in welchem die Sommerwärme abnimmt; auf dem Gotthard ist er 11°,4, auf dem St. Bernhard 10°,8. Genf zeigt eine jährliche Mittelwärme von 7°,8, Bern von 6°,2, Basel von 7°,8, Zürich von 7°,4, Chur von 7°,5 und Lugano von 9°,8 R. In einigen Gegenden, wie am Neuenburger See und im unteren Wallis ist sie 8 Grad und darüber. Die mittlere Winter- und Sommerwärme der genannten Orte beträgt:

Ort.	Winter.	Sommer.
Genf	+ 0°,5	+ 14°,9
Bern	— 1°,16	+ 11°,9
Basel	— 0°,3	+ 15°,5
Zürich	— 0°,7	+ 14°,3
Chur	+ 0°,1	+ 14°,9
Lugano	+ 1°,8	+ 17°,8

Temperaturbeobachtungen, an den verschiedensten Punkten während einer Reihe von Jahren beharrlich fortgesetzt und unter einander verglichen, würden nicht nur für die Kenntniß der klimatischen Verhältnisse, sondern auch für die Landwirthschaft sehr belehrend und werthvoll sein; allein sie stehen bei uns noch ziemlich vereinzelt da. Im Allgemeinen ergibt sich aus obigen Zahlenwerthen, daß die Isothermen, welche durch die Schweiz ziehen, eine Temperatur von 7,5 bis 8 Grad Reaumur und

darüber haben, welche groß genug ist, um an vielen Orten eine vortheilhafte Weincultur zu begünstigen, zumal da, wo einer Wintermilde von $0^{o},4$ und 0^{o} eine mittlere Sommertemperatur von $14^{o},5 - 15^{o},5$ folgt. Denn perennirende Culturgewächse, wie der Wein, verlangen zu ihrem Gedeihen nicht nur warme Sommer, sondern wollen auch vor strenger Winterkälte geschützt sein. Bei anderen als dem Wein ist es ganz besonders die Wärme, welche während der Vegetationszeit herrscht, die ihr Gedeihen bestimmt; überdies treten sie meist im Herbst in einen Zustand vegetativer Unthätigkeit, einen wirklichen Winterschlaf, der sie selbst große Kältegrade ohne Nachtheil ertragen läßt. Für einjährige, oder eigentliche Sommergewächse ist die herrschende Sommerwärme zur Zeit ihrer Entwickelung und ihres Reifens das Bestimmende; denn bei ihnen kommt es vorzugsweise darauf an, wie die Temperatur, welche sie während ihrer Vegetationszeit empfangen, auf die Zeit des Keimens, Wachsens, Blühens und Früchtereifens vertheilt ist. Dies gilt von allen Getreidepflanzen, auch von denjenigen Abarten, die sich der Mensch gezogen und die im Herbst gesäet keimen, unter der schützenden Schneedecke überwintern, und dann im Frühling kräftig fortwachsen. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die verschiedene Höhenlage einzelner Gegenden, in Verbindung mit den oft plötzlichen Uebergängen von der Wärme zur Kälte, einen bedeutenden Einfluß auf die Entwickelung und das Früchtereifen der Gewächse ausübt, ebenso daß die Culturpflanzen von der Beschaffenheit des Bodens, seinem Nahrungsvorrath und von Allem abhängig sind, was den chemischen Prozeß der Bildung selbst bedingt, und wozu eine bestimmte Temperatur vorzugsweise gehört, Verhältnisse, welche in sehr vielen Gegenden der Schweiz in günstiger Weise getroffen werden.

Die bekannte, oft beklagte Ungleichheit der Jahrgänge, vermöge welcher sich Wärme und Witterung anders gestalten, so jedoch, daß sie um einen mittleren Zustand herumschwanken, bleibt natürlich nicht auf die Schweiz beschränkt, sondern ist von weit verbreiteten Einflüssen abhängig, über die ich Dir später schreiben werde. Dagegen wirken bei uns mancherlei locale Ursachen auf die Temperaturverhältnisse ein und bringen Störungen in der Gestalt der Isotherme hervor. Ihr Einfluß erhöht entweder, oder vermindert die Temperatur. Zu den ersteren gehören ausgedehnte Hochflächen, welche viele Wärme absorbiren und ausstrahlen und dadurch ein Sinken der jährlichen Durchschnitts-

temperatur verhindern, wie dies auf schmalen Bergrücken der Fall ist. Mittelbündten ist ein solcher Hochlandsboden, der zur Höhe von 3000 bis 4000 Fuß emporgetrieben ist und im Sommer und Winter sich sehr oft eines heiteren Himmels und einer höheren Temperatur erfreut, wenn es in den nördlich davon gelegenen Gegenden regnet oder schneit. Dieser Unterschied dauert manchmal Wochen lang, und wenn allerdings dem in Bündten sehr häufig herrschenden Föhn nicht aller Einfluß abgesprochen werden kann, so hat doch unzweifelhaft die hohe Lage des Bodens einen sehr beträchtlichen Antheil an dieser Erscheinung. Zu den temperaturerhöhenden Ursachen gehören ferner Bergzüge, die natürliche Schutzmauern gegen Winde aus kälteren Gegenden sind und oft in nahe benachbarten Orten bedeutende Wärmeunterschiede hervorbringen. In dieser Beziehung ist vor Allem das schweizerische Nizza, Montreux am Genfersee mit seinem milden Klima und seiner prächtigen Gegend bekannt, in welcher der Feigen-, der Granaten- und Lorbeerbaum im Freien fortkommen, und sogar schon der Oelbaum gedeihlich wuchs. Wenige Stunden davon, gegen die kalten Nordwinde wenig geschützt, liegt Lausanne, dessen Mitteltemperatur im Winter wenig von derjenigen von Bern verschieden ist. Ebenso erfreuen sich die Gegenden im Süden der Chasseralkette eines milderen Klimas als die am Nordabfall, und dasselbe ist der Fall mit Gersau am Südfuß des Rigi und noch mit manchen anderen Orten. Aber wenn Gebirgszüge für die Landschaft auf ihrer Südseite vortheilhaft wirken, so hemmen sie auch den Zufluß der warmen Winde auf die entgegengesetzte Seite, und der daraus entspringende Gegensatz spricht sich in allen Thälern am südlichen und nördlichen Fuß der Alpen aus. Erkältend wirken waldige Moräste und Sümpfe, besonders aber große Wälder, welche die Insolation des Bodens hindern, durch die Lebensthätigkeit ihrer Blätter große Verdunstung wässeriger Feuchtigkeit hervorbringen, und durch die Ausdehnung dieser Organe die durch Ausstrahlung sich abkühlende Oberfläche vergrößern, und also durch Schattenkühle, Verdunstungskälte und Strahlung dreifach temperaturvermindernd wirken.

Ich habe Dir in meinem letzten Briefe bemerkt, daß unter dem Einfluß des wärmestrahlenden Afrika die Temperatur unsers Erdtheils höher ist, als sie ohne die Nachbarschaft dieses großen Continentes sein würde. Damit steht nun ein für die Schweiz sehr wichtiger Umstand im Zusammenhang. Während nämlich in anderen Erdtheilen etwa

vom 40. Breitegrad an die Wärme schneller abnimmt als weiter nördlich, tritt in Europa diese raschere Wärmeabnahme erst unter dem 45° der Breite ein. Dazu kommt, daß gerade im Norden dieses Breitegrades sich das Hochgebirge der Alpen von Westsüdwest nach Ostnordost hinzieht. Aus diesen Ursachen muß mithin in dieser Breite und zwischen den Meridianen der Schweiz der vegetabilische Charakter der nördlich und südlich dieses Breitegrads gelegenen Länder eine sehr merkliche Verschiedenheit zeigen. Und in der That, wenn man die Obsthaine und Getreideauen Süddeutschlands und der Schweiz verlassen, so betritt man die ernste Landschaft der Hochalpen mit ihren an den Norden erinnernden Tannenwäldern, und steigt von da in einem Tage hinab zu den reizenden Ufern des Lago maggiore und Comersees, wo man außer zahlreichen Kastanienbäumen, dem Schmuck der dortigen Wälder, schon Mandelbäume, Oel- und Feigenbäume, den die Seidenraupe nährenden Maulbeerbaum, in der lombardischen Ebene eine reiche Weizen-, Mais- und Reiscultur und den allgemein verbreiteten Anbau trefflichen Weines antrifft. Noch reicher und schöner erblüht die Vegetation jenseits des Apennin und des 44. Breitegrades, wo ihre größere Fülle mächtige Kastanienwälder, immergrüne Eichen, Feigen, Mandel- und Citronenbäume, die überall ausgebreiteten Anpflanzungen des Weinstocks und eine unendliche Ausbreitung des Oelbaums beurkunden, welcher der Physiognomie der Vegetation im Großen einen ganz neuen und südlichen Charakter verleiht. So groß ist der Gegensatz, welchen die nördlich vom 45. Grad liegende Hochlandslinie der Alpen bildet, daß der Reisende auf der einen Seite den Schnee und Frost des Winters verläßt und auf der andern Seite den warmen Hauch des Frühlings mit all seinem frischen Grün und seinen duftenden Blumen findet. Nirgend anderswo beobachtet man ein merklicheres Abnehmen der Temperatur, nirgend auch folgen sich die Erzeugnisse des Pflanzenreichs und die mannigfaltigen Gegenstände des Ackerbaus schneller auf einander als hier. Wo aber Länder zusammengrenzen, deren Vegetation nicht nur dem Grade der Verbreitung, sondern der Art nach verschieden ist, da muß dadurch zwischen ihnen nicht allein ein reger Austausch und Handel mit Naturerzeugnissen entstehen, sondern dieser Umstand muß auch einen entscheidenden Einfluß auf den Gewerbefleiß und die Bildung ihrer Bewohner ausüben. Die Schweiz nimmt, vermöge ihrer Lage, an allen diesen Naturbegünstigungen Antheil, und da sie im Norden,

Süden und Westen von Ländern begrenzt wird, deren Reichthum an den ersten und besten Erzeugnissen der Natur ihrem Bedürfnisse nahe liegt; so mußte sich naturgemäß zwischen ihr und den angrenzenden Ländern ein lebhafter Handel mit den mannigfachen Erzeugnissen des Bodens entwickeln, und weil ein solcher Verkehr nicht auf die nächste Nachbarschaft beschränkt bleiben konnte, zugleich ein reger directer und indirecter Zwischenhandel. Ihre Industrie aber hat sich, bei der Arbeitsamkeit und Sparsamkeit, der Geschicklichkeit und dem unternehmenden Sinn des Volkes, und unter dem Schutze der Freiheit und der Vervollkommnung der politischen Institutionen, trotz der ihre Grenzen umspannenden Beschränkungen, auf eine Weise vermannigfaltigt, ausgedehnt und vervollkommnet, daß sie unter den gewerbtreibenden Ländern des europäischen Festlandes eine der ersten Rangstufen einnimmt. Die Alpen hindern ihren Verkehr nicht, denn die zahlreichen Längen- und Querthäler, welche dieselben nach allen Richtungen durchziehen, in Verbindung mit einer früheren sehr complicirten plutonischen Thätigkeit, begünstigen die Anlage von Gebirgsstraßen besser, als in irgend einem anderen Theile des Alpensystems. Unser Volk hat aber auch hier bewiesen, daß es die Gunst der Natur begreife und zu benutzen verstehe. Fünf Hauptstraßen, welche bald noch vermehrt werden, übersteigen unser Hochgebirge und nehmen ihre Richtung zu der reichen Hauptstadt der Lombardei und zu den Häfen des ligurischen und adriatischen Meeres.

Fünfter Brief.

Wärmeverhältnisse der Schweiz.

Du hast Recht, wenn Du unter den angeführten localen Ursachen der Temperaturänderungen einige vermissest. Allein ich sprach in meinem letzten Briefe auch nur von den Wärmeverhältnissen der Schweiz, wie sie sich nach den Isothermen der geogr. Breite ergeben. In einem Gebirgslande, wie das unsrige, sind aber die Temperaturverhältnisse, die aus den verschiedenen Höhen über dem Meere resultiren, von eben so großer Wichtigkeit, und von diesen will ich nun sprechen.

In dem alpinen Theile der Schweiz kann man, wie Du selbst erfahren hast, alle Stufen der europäischen Klimate durchwandern. Während im unteren Wallis eine jährliche Mitteltemperatur von + 9° R., wie im oberen Italien, angetroffen wird, und eine Sommerhitze, welche oft derjenigen von Neapel gleich kommt, findet sich auf Alpenhöhen von 3500 Fuß eine mittlere Jahrestemperatur, die mit der von Stockholm (4°,5 R.) correspondirt, und auf Höhen, welche, wie die Hospize des St. Gotthard und St. Bernhard, 6000 bis 7000 Fuß über dem Meere liegen, ist die jährliche Mittelwärme schon etwa 1° unter dem Gefrierpunkt, mithin niedriger als am europäischen Nordcap. Auf den höheren Alpengipfeln entsprechen die Durchschnittstemperaturen den höchsten Breiten, ja die höchsten walliser Gipfel mit einer wahrscheinlichen Mitteltemperatur von — 9° bis 10° R. correspondiren mit der des Nordpols. Es sind also in den Alpen die Klimate schichtenweise über einander gelagert, von den Getreidefeldern, Obsthainen und Weinbergen der Niederung und der Tiefthäler bis zum ewigen Schnee, von einer mittleren Jahrestemperatur mit 7°,5 bis 9°, welche mit ihrer geographischen Breite übereinstimmt, bis zu einer solchen, welche sich in der Ebene unter dem 80. Breitegrad wieder finden würde, woraus folgt, daß die Alpen die Repräsentanten aller Pflanzen bis zum mittleren Breitegrad vom Pol her enthalten, von der rothen Schneealge der schneebedeckten Eisflächen des höchsten Nordens und dem Reiche der Moose und Sarifragen bis zur Zone der sommergrünen Laubhölzer. Auch im Jura gibt sich eine solche Abstufung der Klimate deutlich zu erkennen. Von einer Mittelwärme mit 8 bis 9 Grad an den durch ihre herrlichen Weinberge berühmten Ufern des Genfer- und Neuenburgersees erhebt man sich in Regionen mit einer jährlichen Mitteltemperatur von 7°,5, 7 und 6°,4 R., wo noch die Rebe gebaut, oder nur Getreide gezogen wird und zuletzt der Anbau von Culturgewächsen geringerer Bedeutung oder gar nicht mehr vorhanden ist. Der obersten Region gehören die höchsten Berge des Jura an, wo die Tanne, der gelbe Enzian (Gent. lutea), der Berg-Wohlverleih (Arnica montana), der Alpen-Sinau (Alchemilla alpina) gedeihen, und wo, wie in La Chaux-de-Fonds, die Bewohner der stattlichen Häuser sich auf den Märkten mit Gemüsen und Obst, das wie Südfrüchte in Körben und Kisten verpackt ist, aus den wärmeren Thälern versehen, oder wo, wie im Jour-Thal (la Vallée), der Boden nur in guten Jahren die Kartoffel zur Reife

bringt. In derselben absoluten Höhe mit dem Jourthal (3200 Fuß) gedeihen in vielen Alpenthälern noch Getreide und Obst, wie in Dissentis, das sogar 400 Fuß höher liegt, und auf dem Südabhang der Alpen findet sich in noch größerer Höhe der Anbau derselben Culturgewächse, wie im Unterengadin, und selbst Maiscultur, wie im Bergell, wo Soglio eine Sommerwärme von 13°,87 und eine Jahreswärme von 6°,61 R. zeigt.

Die wohlbekannte Thatsache der Wärmeabnahme mit der Erhebung in die Atmosphäre scheint mehreren Beobachtungen zu widersprechen, wie Du deren bei dem Besteigen der Alpen gewiß auch gemacht hast. Man findet nämlich bei schönem Wetter die Hitze der Sonnenstrahlen, welche den Körper treffen, oft sehr drückend, besonders wenn kein Wind geht, mehr als in der Ebene; noch entschiedener zeigt sich die Wirkung der Sonnenstrahlen in den oberen Regionen an zwei Thermometern, von denen das eine in der Sonne, das andere in dem Schatten gehängt ist, denn der Unterschied beider ist in bedeutender Höhe beträchtlich größer als in der Tiefe. Offenbar kommen also in den oberen Luftschichten die Sonnenstrahlen wegen des kürzeren Weges, den sie in der Luft zurückgelegt haben, weniger geschwächt an, und man sollte daher hier auch eine höhere Lufttemperatur erwarten als unten im Thal. Die Erfahrung zeigt das Gegentheil, und die Ursachen davon sind folgende. Die Atmosphäre unserer Erde hat in einer wahrscheinlichen Höhe von 8 bis 10 Meilen ihre obere Grenze, wo sie mit dem luftleeren Raume von sehr niedriger Temperatur, durch welchen die Erde ihren Weg um die Sonne zurücklegt, in Berührung ist. Vermöge dieser erkaltenden Nachbarschaft des Weltraums nehmen die obersten Luftschichten die niedrige Temperatur derselben an und verbreiten einen Theil dieser Kälte durch Leitung nach unten. Allein die auf diese Art erzeugte Temperaturverminderung ist auf keinen Fall bedeutend, weil sie sich nie in eine beträchtliche Tiefe erstrecken kann. Wichtiger ist die Verschiedenheit, welche die dunkle und leuchtende Wärme bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre zeigen. Bei jedem Schritte, den die Sonnenstrahlen durch die Luft machen, verlieren sie zwar einen Theil ihrer Wärme, welchen sie an die Lufttheilchen, durch die sie gehen, abgeben, aber doch kommt noch der größere Theil von ihnen zu Boden, und dieser erhält dadurch eine hohe Temperatur. Angenommen der Boden strahlte keine Wärme aus und die Luft wäre in allen Höhen gleichförmig dicht, so müßte bei

diesem Vorgange die Temperatur der oberen Luftschichten sogar höher sein als die der tieferen, weil dort die Sonnenstrahlen weniger geschwächt wären. Allein durch die lebhafte Ausstrahlung der Wärme von dem erhitzten Boden wird die Erscheinung gänzlich umgekehrt. Denn die Wärmestrahlen, welche von ihm ausgehen, sind dunkle, und alle bisher angestellten Versuche zeigen, daß die von der Wärme durchstrahlbaren Körper einen verhältnißmäßig weit größeren Theil von dunkler als von leuchtender Wärme absorbiren. So werden also vorzugsweise die unteren Luftschichten erwärmt, und die Temperatur muß aus diesem Grunde schon, selbst in einer Atmosphäre von überall gleichförmiger Dichtigkeit, von unten nach oben abnehmen, noch viel mehr in einer Atmosphäre, wie die unsrige ist, deren Dichte mit der Höhe abnimmt. Denn in Folge der nach oben verminderten Wirkung der Schwere und des Drucks, welchen die einzelnen Luftschichten auf einander ausüben, sind die unteren dichter, die oberen dünner und durchstrahlbarer, aber eben deshalb auch weniger erwärmbar. Dagegen verschlucken die unteren und dichteren Luftschichten in demselben Raume eine größere Menge von Sonnenstrahlen und werden dadurch stärker erwärmt, als die oberen und dünneren. Ueberdies dringt die vom Boden ausstrahlende Wärme zuerst durch die unteren Luftschichten, welche, indem sie einen Theil davon aufhalten, lebhaft erwärmt werden. Dazu kommt noch, daß eine ähnliche Wärmestrahlung bei allen Lufttheilchen der Atmosphäre stattfindet; jedes von ihnen strahlt nach unten und nach oben Wärme aus, aber da die Dichte der Luft nach oben abnimmt, so wird von den nach unten gehenden Strahlen ein weit größerer Theil aufgehalten, und zur Erwärmung der tiefer liegenden Schichten verwendet, als von den nach oben gehenden, welche sich zum Theil in den Weltraum verlieren. Endlich ist die Volumveränderung einer gegebenen Luftmasse eine vorzüglich wirksame Ursache der Wärmeabnahme nach oben. Es ist eine thatsächliche Erfahrung, daß die Luft, wenn sie sich in einen größeren Raum ausdehnt, sich erkaltet; bei schnellem Einströmen von Luft in den leeren Raum, oder plötzlichem Ausströmen verdichteter Luft zeigt sich diese Kälteerzeugung durch Ausdehnung allemal. Denn Luft, deren Dichte durch Ausdehnung geringer wird, besitzt ein größeres Fassungsvermögen für Wärme (Wärmecapacität, wie ich es früher nannte) als vorher, es ist also eine größere Menge von Wärme erforderlich, um ihre Temperatur um eine gewisse Anzahl von Gräden zu erhöhen. Da

die oberen Luftschichten unter keinem so hohen Drucke stehen, wie die unteren, so dehnen sie sich auch mehr aus als diese, und indem ihre Wärmecapacität dadurch erhöht wird, nehmen sie die ihnen mangelnde Wärme allen Körpern, mit denen sie in Berührung kommen, und diese Wärme wird von ihnen gebunden und eben dadurch dem Gefühl und Thermometer nicht bemerklich.

Combinire nun alle diese Umstände, und Du wirst Dich leicht überzeugen, daß eine Wärmeabnahme mit der Höhe nothwendig stattfinden muß. Wenn daher in bedeutenden Höhen ein Thermometer in der Sonne gegen ein anderes im Schatten eine so große Wärmedifferenz angibt, wie sie sich in der Tiefe nicht zeigt, so komnt dies daher, daß das im Schatten befindliche Thermometer nur die Temperatur der Luft, das andere hingegen die Temperatur der Sonnenstrahlen selbst mißt, deren Kraft in jenen Höhen an und für sich so groß ist, daß sie 12,000 bis 13,000 Fuß über dem Meere bei einer Lufttemperatur von einigen Graden unter Null den Schnee in dem Grade zu erweichen vermag, daß der Bergsteiger oft bis an die Kniee einsinkt, während der Schnee im Schatten von einer Eisrinde überzogen ist. Auf dieser, in größeren Höhen noch ungeschwächteren Kraft der Sonnenstrahlen beruht auch der blendende Glanz der Schneefelder, gegen welchen man sich so sorgfältig zu schützen sucht.

Da die mit der Höhe geringer werdende Temperatur der Atmosphäre von ihrer abnehmenden Dichtigkeit, von der Durchsichtigkeit und von dem Gesetze, nach welchem die Sonnenstrahlen geschwächt werden, hauptsächlich abhängt, so hat man darin irgend ein Gesetz vermuthet, und zu diesem Zwecke in verschiedenen Erdgegenden und Höhen Thermometerbeobachtungen angestellt. So hat man beobachtet, daß in Mitteleuropa die Wärme durchschnittlich in 480 bis 550 Fuß senkrechter Höhe um 1° C. abnimmt. Beobachtungen, welche sich nicht auf einzelne Tage oder Jahreszeiten beschränken, ergeben auf dem Gotthard 471, auf dem St. Bernhard 562 Fuß für 1° Wärmeabnahme. Die Configuration des Bodens übt indeß in dieser Beziehung einen wesentlichen Einfluß aus. Die Wärme nimmt schneller ab auf steil ansteigenden Bergen, langsamer auf langgestreckten Gebirgsrücken, mit denen die Luftschichten in weit größerer Ausdehnung in Berührung stehen. Weil ferner Gebirgsplateaur, wie sie Bündten besitzt, oder enge Thäler sich stärker erhitzen, als der steile Abhang von Gebirgs-

zügen, oder als Luftschichten, welche, statt einen hervorragenden Theil der Erdoberfläche unmittelbar zu berühren, auf anderen Luftschichten ruhen; so ist dort die Wärmeabnahme langsamer als hier. Und da auf den der Sonne zugekehrten Bergabhängen die Wärmeerzeugung größer ist als an den nördlichen, so zeigt sich dort die Wärmeabnahme langsamer als an der Nordseite. Du begreifst leicht, daß solche locale Ursachen der Temperaturänderung mit der Höhe auch die Schneegrenze herabbringen oder hinaufrücken müssen, was auf ganz natürliche Weise wieder auf die Temperatur zurückwirkt. Je tiefer die Schneelinie und die Gletscher sich herabsenken, desto schneller wird die Wärme vom Thal bis zu ihnen abnehmen, während ihre Abnahme von der unteren Grenze des ewigen Schnees und der Gletscher bis zu den höchsten Gipfeln der Alpen langsamer erfolgen muß. — Die Wärmeabnahme kann aber auch nicht zu allen Jahres- und Tageszeiten dieselbe sein, da mit der Zunahme der Höhe die jährlichen und täglichen Temperaturveränderungen sich vermindern und in einer gewissen Höhe gleich Null werden. Zwischen dieser Höhe und irgend einem Punkte der Erdoberfläche wird also zur Zeit des jährlichen oder täglichen Wärmemarimums die schnellste und zur Zeit des jährlichen oder täglichen Minimums die langsamste Wärmeabnahme stattfinden. Je größer daher die jährlichen und täglichen Temperaturdifferenzen an einem Orte sind, desto größer werden auch die Unterschiede in der Wärmeabnahme sein, weshalb diese in den Alpen sehr auffallende Schwankungen zeigt. Nach den correspondirenden Beobachtungen in Genf und auf dem St. Bernhard gibt der Juli eine Wärmeabnahme von 546 Fuß, und der December von 946 Fuß auf 1° R., also eine Differenz von 400 Fuß zwischen dem kältesten und wärmsten Monat. Im Frühjahr hingegen, wenn der Schnee in den tieferen Thälern bereits geschmolzen ist, aber noch die Höhen bedeckt, ist der Wärmeunterschied zwischen der Ebene und dem Gebirge so auffallend groß, daß man bisweilen nur 60 bis 160 Fuß Höhenunterschied auf 1° rechnen kann. Eben so bedeutende Schwankungen zeigen sich zwischen den verschiedenen Tagesstunden. So fand man durch correspondirende Beobachtungen in Zürich und auf Rigi-Culm (5540′) im Juni 453 Fuß um 5 Uhr Nachmittags und 700 Fuß um 5 Uhr Vormittags, in Genf, Zürich und auf dem Faulhorn vom 11. September bis 5. October 594 Fuß um 4 Uhr Nachmittags und 1174 Fuß um 5 Uhr Vormittags. Allein nicht nur von der Höhe, oder von der Con-

figuration des Bodens, oder von den Jahres- und Tageszeiten hängt der Umfang dieser Temperaturveränderungen ab, sondern auch von den warmen Süd- und Südwestwinden. So regnet es in den heißen Sommermonaten noch zuweilen auf dem Montblanc, und auf dem Monte Rosa beobachtete man am 12. August 1819 in einer Höhe von 13,920 Fuß über dem Meer Nachmittags eine Luftwärme von $+8^{0},5$. Manchmal kehrt sich im Winter die Erscheinung geradezu um, indem man nicht selten in den tieferen Alpenthälern eine Temperatur von mehreren Grad unter Null beobachtet, während in mäßigen relativen Höhen von 1500 und 2000 Fuß der Schnee schmilzt; ebenso fand man auf den Gipfeln des Jura während des Winters die Temperatur oft höher als in der Niederung. Die Ursache muß theils in der stärkeren Wärmestrahlung des Thalbodens, theils darin gesucht werden, daß in der Tiefe der Nordwind weht, wenn in der Höhe der Föhn herrscht, oder daß das Thal mit Nebel bedeckt ist, während die Höhen von der Sonne beschienen werden. — Ohne in weitere Einzelheiten einzugehen, bemerke ich Dir noch, daß die Abnahme der Wärme nicht gleichmäßig, sondern im Allgemeinen anfangs schneller und dann immer langsamer zu erfolgen scheint, und daß, wenn es auch gelingen sollte, alle secundären Einflüsse bei der Berechnung zu beseitigen, doch von einem eigentlichen Gesetze für die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe wahrscheinlich nicht die Rede sein kann; auch sind die Erfahrungen über die Temperatur der Luft in verschiedenen Höhen nur rein, wenn sie, wegen der Rückwirkungen des Landes, in freier Luft angestellt sind. Daher ist in dieser Beziehung die wissenschaftliche Luftfahrt Gay-Lussac's in eine Höhe von 22,000 Fuß die Hauptquelle; er fand, daß bis in diese Höhe annähernd und durchschnittlich 700 Fuß auf 1 Grad Temperaturabnahme kommen. — Schneller als die Wärme nimmt der Druck der Luft mit der Höhe ab, denn in etwa 80 Fuß senkrechter Höhe sinkt das Barometer um 1 Linie, in 1000 Fuß um 1 Zoll.

Da die Sonnenstrahlen auf jeden chemischen Prozeß beständig einwirken und der Luftdruck für sämmtliche Vorgänge und Verhältnisse zwischen Gasarten und Dünsten von wesentlicher Bedeutung ist; so müssen sie offenbar das Pflanzenleben, welches in fortlaufenden chemischen Verbindungen und Trennungen, in beständigen Aufnahmen und Ausscheidungen von Dünsten und Gasen besteht, mächtig afficiren. Die Abnahme der Wärme und des Luftdrucks mit der Höhe kann daher nicht

verfehlen, einen entscheidenden Einfluß auf die Entwickelung und den Charakter der Pflanzenwelt in den Alpen zu haben, wie Dir selbst, ohne Botaniker zu sein, so sehr aufgefallen ist. Im Hügelland der Schweiz finden wir eine ungemein üppige und treffliche Vegetation; fruchtbare Getreidefelder, herrliche Obstbaumwaldungen, der milde Schimmer grünender Wiesen, zahlreiche und zum Theil köstliche Weinberge erfreuen überall das Auge. Und daß die Qualität unsers Weines die goldene Mittelstraße hält, wenigstens dem größeren Theile nach, ist gerade ein Segen des Landes. Wäre er köstlicher, das Volk würde ihn nur bauen, um ihn auf die Tafeln der Reichen zu liefern. So aber fließt er in das Blut derer, die ihn pflanzen, so gibt er denen, die ihn im Schweiß ihres Angesichts bauen, fröhliche Stunden, erleichtert ihre Arbeit und gewährt ihnen jene Schnellkraft des Körpers und jene Lebendigkeit des Geistes, die sie sehr von der großen Masse der Bierlandsbewohner auszeichnet. Den Fuß der Alpen selbst beschatten ausgedehnte Waldungen von Laub- und Nadelholz. Aber schon wenige hundert Fuß über den Ebenen der nördlichen Schweiz, in einer absoluten Höhe von etwa 1850 Fuß, verschwindet der Weinstock, im Wallis hingegen, bei Sils im Domleschg und am südlichen Alpenabhang erst in etwa 2000 Fuß Höhe. Die prächtigen Weinberge, welche die Ufer so mancher unserer Seen schmücken, würden daher bei einer Erhebung von 500 bis 1000 Fuß über ihr jetziges Niveau zu einer Unmöglichkeit werden, ja die ganze Beschäftigung des Landmanns nähme einen anderen Charakter an. Denn Aehnliches, wie vom Weinstock, gilt auch vom Getreide, dessen Ernte um so später erfolgt, je höher man sich erhebt; ist sie in den Niederungen schon beendigt, so ist das Getreide in den höheren Alpenthälern noch grün. Getreidefelder kommen in der nördlichen Schweiz bis zu einer Höhe von 3400 Fuß vor, doch kann man nur bis zu 2700 Fuß auf sichere Ernten rechnen. Der Mais zeigt sich durchschnittlich bis etwa 2650 Fuß. Indeß übt die Localität einen großen Einfluß; denn z. B. in dem von Süden nach Norden ziehenden, den ganzen Tag von der Sonne beschienenen Lugnez findet Getreidebau noch in einer Höhe von 4600 Fuß statt. Die gleiche Beobachtung macht man mit Obstbäumen. Aepfel und Birnen verschwinden am Nordfuß der Alpen durchschnittlich in 2700 Fuß Höhe, und nur in einzelnen günstigen Localitäten, wie bei Dissentis und anderwärts, erheben sie sich bis zu 3300 Fuß. Kirschen steigen im Allgemeinen höher und reifen dann spät. So lassen sich nur

in den Alpen die Früchte der verschiedenen Jahreszeiten, Aepfel, Birnen, Zwetschen, Trauben, Nüsse, Erdbeeren und süße, kräftige Bergkirschen, noch im Herbstmonat zum köstlichen Nachtisch vereinigen. Die Wallnüsse, welche in den Thälern prächtige Bäume bilden, verschwinden in einer Höhe von 2500 Fuß, und die edle Kastanie, die sich durch ihre malerische Verästelung der Eiche an die Seite stellt, sie aber durch die Pracht ihres Laubes und den Nutzen ihrer Früchte weit übertrifft, verschwindet bei 2400 Fuß Höhe. Man kann daher in den Alpen die Höhe von 2700 bis 3000 Fuß im Allgemeinen als die Grenze der Cultur ansehen. Da wo bis zu dieser Grenze der Boden eine Bearbeitung gestattet, ist er von Menschen benutzt; nur steile, felsige Anhöhen sind meistens mit Wäldern bedeckt, und diese erhalten immer mehr das Uebergewicht, je höher man steigt, bis man einen ausgedehnten Waldgürtel betritt, der noch in vielen Gegenden ein kräftiges Pflanzengeschlecht aufweist, vom zarten, gestern geborenen Zweiglein zum strotzenden Strauch und durch alle Lebensalter hinauf zum Mannesalter, zum Secularbaum. Erfreut das Auge die mannigfaltige Cultur des Thales, so thun dies nicht minder die kräftigen Waldungen der Höhen, und wo Buchen mit ihren malerischen Formen und ihrem hellen, warmen Grün untermischt sind mit dunkelfarbigen Nadelbäumen, da gewähren sie, im Frühling besonders, einen herrlichen Anblick. In einer größeren Höhe ändert sich aber das Ansehen der Bäume, nicht nur werden sie kleiner, sondern auch ihre ganze Haltung ist von der in der Tiefe verschieden. Die schlanke Tanne bekommt Aehnlichkeit mit einer Pyramide, die Aeste kriechen am Boden fort, von der Wärme angezogen, welche derselbe bei heiterem Wetter empfängt. Zuletzt stehen die Bäume immer vereinzelter, und man findet nur noch Sträucher. Auch der innere Bau des Holzes weicht in der Höhe von dem in der Tiefe ab; es ist harzreicher, härter und fester, und die Jahrringe sind dichter gedrängt. In den nördlichen Alpen ist für die Buche 4000, für die Tanne 5500 Fuß die Grenze; auf der Südseite hingegen steigt sie um mehr als 1000 Fuß höher, und endigt hier mit Lärchen, während auf der Nordseite Tannen die letzten Bäume sind. Ueber dem Waldgürtel, in der Region des Krummholzes, findet man Sträucher und die Alpenpflanzen, eine eigenthümliche Vegetation niedriger, mit unterirdischen Stengeln perennirender, meist groß- und schönblumiger Kräuter, die der Natur in diesen Höhen einen auszeichnenden Charakter verleihen, — ein

bunt gefärbtes Alpengewand. So die Aurikel, welche mit ihren schwefelgelben Blüthen die von ihr überzogenen Felsen verschönert, der schöne stiellose Enzian mit ungemein großer dunkelblauer Blüthe, das violette Alpenglöckchen, welches zuerst in einer Höhe von 4000 Fuß erscheint, und sich rings um die Stellen, wo der Schnee schmilzt, aus einer kleinen Blattrosette erhebt, wenige Tage nach dem Abschmelzen des Schnees bereits in Blüthe steht, und während einer etwa 14tägigen Lebensdauer die übrige Schneemasse mit einem violetten Saum umgibt; von der Höhe von 4000 Fuß an trifft man den kräftigen Strauch der Alpenrose, der in günstigen Lagen große Flächen überzieht und zur Zeit der Blüthe sie mit einer prachtvollen rosenrothen Decke schmückt. Noch höher hinauf, bis etwa 8000 Fuß, bedecken krautartige Gewächse und Gräser den Boden, unter denen besonders die Aretien, die schöne rosenrothe Silene, verschiedene Saxifragen u. a. durch Schönheit der Farbe und geselliges Zusammenleben auffallen. Immer geringer wird in noch größerer Höhe die Zahl der Pflanzen, und bei 10000 Fuß, wo nur noch Moose und Flechten sich finden, erstarrt das Pflanzenleben.

Die verschiedene Einwirkung des Sonnenlichtes und des Luftdrucks, wodurch wir Höhenstufen der Pflanzen erhalten, ist auch die Ursache, daß die Pflanzen der oberen Alpenregionen sich von denen in größerer Tiefe nicht nur der Art nach, sondern auch, wenn sie gleichartig sind, in physiologischer Beziehung unterscheiden. Die Blätter, welche sich, um möglichst viel Antheil an der Wärme zu erhalten, in der Nähe des Bodens ausbreiten, werden kleiner, verlieren ihr saftgrünes Aussehen und bekommen Aehnlichkeit mit einer Membrane. Die Wurzeln sind meistens stark und groß, und nur die Blüthe hat allenthalben nahe dieselben Dimensionen, daher ihre Größe im Vergleich zur ganzen Pflanze in der Höhe weit mehr auffällt als tiefer unten. Wegen der mächtigeren Einwirkung der Sonnenstrahlen zeichnen sie sich durch die Lebhaftigkeit und Pracht ihrer Farben aus, denn wie die Sonne die Wange bräunt und die Leinwand bleicht, so färbt sie auch die Blumen verschieden und gibt ihnen, je nach der Intensität ihres Lichtes, eine verschiedene Farbenstärke. Ein anderer Unterschied zwischen Pflanzen verschiedener Höhenstufen betrifft endlich ihre Lebensdauer. In den höchsten Regionen fehlen die einjährigen ganz, und in den mittleren sind manche durch Menschen dahin gebracht. Mit der Höhe nimmt die Zahl der perennirenden Pflanzen zu, zu deren Fortdauer die vollständige Entwickelung des Samens

keine wesentliche Bedingung ist. Denn entweder sterben die Stengel der Pflanze ab und brechen im nächsten Jahr auf's Neue aus der Wurzel hervor, oder sie widerstehen der Kälte und gleichzeitig erscheint im nächsten Jahr aus einem anderen Theile der Wurzel ein neues Pflänzchen, oder es schlagen auch die an der Erde fortkriechenden Aeste in einiger Entfernung von der Mutterpflanze neue Wurzeln, aus denen dann junge Pflanzen entstehen, die meistens noch mit den alten verbunden sind. Auf diese Weise entstehen sehr dichte, fast verfilzte Rasen, welche dem Botaniker das Ausheben eines einzelnen vollständigen Exemplars oft sehr erschweren.

Sechster Brief.

Wärmeverhältnisse der Schweiz.

Die Pflanzenverbreitung in unseren Alpen, mit deren Skizze ich den letzten Brief geschlossen habe, bezeichnet selbst wieder die Wärmeabnahme nach oben, von welcher sie abhängig ist, auf augenscheinliche Weise. Nicht alle Hochgebirge der Erde besitzen aber, wie unsere Alpen, eine so heitere und kräftige Vegetation, welche sich von den Thälern bis zur Grenze des ewigen Schnees fortsetzt. Die Anden Südamerikas z. B. zeigen völlige Nacktheit der unermeßlichen Felswände und daher eine fortdauernde Zerstörung der in endloser Gleichförmigkeit und Kahlheit sich ausdehnenden Bergwände, überall sind über diese Einöde braune, graue oder gelbliche Mitteltinten verbreitet, wo nicht der Schnee weite, horizontal scheinende Ebenen bildet. Nur verkümmerte Sträucher und vereinzelte Pflanzen, welche sich zu keiner saftigen Alpentrift vereinigen, bieten sich dem Auge dar. Von allem dem finden wir, mit vergleichsweise wenigen Ausnahmen, in unseren Alpen das Gegentheil, und wenn die Anden einer furchterregenden Wildniß gleichen, so gehören die üppige Vegetation und der verbreitete Anbau zu den mancherlei Ursachen, die unser Bergland zu einem der schönsten der Erde machen. Die größere Sorgfalt, mit welcher man in mehreren Bergkantonen angefangen hat, die Waldungen zu schonen und zu pflegen, muß daher den Regierungen und einzelnen Gemeinden in hohem Grade verdankt

werden. Unbesonnenheit und gemeiner Eigennutz haben mit den herrlichsten Waldungen gar oft auf eine wahrhaft leichtsinnige Weise gewirthschaftet. Ich kenne eine Gemeinde, welche den Erlös aus einem verkauften schönen Walde nicht etwa zu gemeinnützigen Gemeindezwecken verwendete, sondern unter die Bürger vertheilte, von denen die meisten ihr Betreffniß in den Wirthshäusern verjubelten. Wo diese zerstörende Thätigkeit längere Zeit fortgesetzt wurde, da hat sie zuletzt Erfolge vermittelt, welche die Thäter selbst überraschten, weil sie augenblicklich entweder die erst allmälig eintretenden Folgen bei ihrer Handlungsweise nicht bemerkten, oder aus Unwissenheit das Endresultat nicht vorauszusehen vermochten. Der Boden vieler kahl abgetriebener Waldungen verwandelt sich nach und nach sehr häufig in öde Schutthalden, deren Geröll alsdann die darunter befindlichen Triften verschüttet, bis zuletzt der nackte Fels hervortritt, über den bei heftigen Regengüssen das Wasser mit voller Gewalt zu Thal stürzt und die Flüsse auf ungewöhnliche Weise anschwellt, welche dann weit und breit auf dem in Cultur genommenen Boden traurige Verheerungen anrichten. Die Waldungen sind aber, wie überhaupt die Vegetation, für die Regulirung zahlreicher und umfassender physikalischer Prozesse an der Erde von der größten Bedeutung. Feuchtigkeit und Trockenheit der Atmosphäre, Gleichförmigkeit oder Wechsel im Klima, eine kräftige Vegetation oder zunehmende Unfruchtbarkeit, reicher Wassersprudel oder Versiegen der Quellen, Erdschlipfe und Anderes mehr sind bedingt durch die Fülle oder den Mangel der Waldungen.

Wenn man Orte, welche die gleiche jährliche Durchschnittstemperatur haben, auf der Karte mit einander verbindet, so erhält man, wie ich Dir bemerkt habe, die Isothermen der geographischen Breite. Ganz natürlich muß bei denjenigen Orten, welche in beträchtlicher Höhe über dem Meere liegen, eine Reduction wegen dieser Höhe vorgenommen werden, und so erhält man Höhenisothermen. Sie sind nicht Linien, wie jene, sondern sphäroidische Flächen, die sich über die ganze Erdoberfläche hinwölben. Wenn man, nach Studer, die Mitteltemperatur unserer Alpen im Niveau des Meeres zu 9°,7 R. annimmt, so ergibt sich

die Höhenisotherme von 8° in einer Höhe von 1210 Fuß
= 4 = = = = 3960 =
= 0 = = = = 6710 =

die Höhenisotherme von —4° in einer Höhe von 9460 Fuß
" —8 " " " " 12210 "

Diese Zahlen sind vorzugsweise Resultate der Berechnung. Betrachtet man im Sommer die Alpen von einem freien Standpunkte aus, so charakterisiren die Pflanzengürtel, welche ich angedeutet habe, vier Hauptwärmeregionen über einander, von denen die unterste durch den allgemein verbreiteten Anbau der Culturgewächse, eine höhere durch den Waldgürtel, eine dritte durch die ausgedehnten Weiden und die oberste durch den ewigen Schnee bezeichnet ist, der nach unten von einer Linie begrenzt wird, die ziemlich scharf gezogen erscheint und Schneelinie heißt. Sie bezeichnet an der Erdoberfläche überall den Durchschnitt einer Fläche, welche alle Punkte enthält, bis wohin die Sommerwärme den Schnee wegzuschmelzen vermag. Das Maximum der Höhe, bis zu welcher sich diese Linie in einer gegebenen Breite während des ganzen Jahres zurückzieht, ist die untere Grenze des ewigen Schnees, die wir allein kennen, da uns die obere unbekannt ist. Von dieser Höhe der Schneelinie müssen erstlich die Gletscher unterschieden werden, die an einzelnen Stellen als unregelmäßige Streifen Ausbiegungen machen und oft bis in bedeutende Tiefen hinabziehen; zweitens die oft zahlreichen sporadischen Schneeflecken, welche manchmal wie leuchtende Silberinseln mitten im Grün der oberen Weidenregion liegen, gewöhnlich aber an den Rändern gebräunt erscheinen, und von denen bis zu den zusammenhängenden Schneefeldern oft Höhen von mehreren hundert Fuß zu ersteigen sind. Die Höhenisotherme des ewigen Schnees, die wichtigste unter diesen Flächen, begrenzt die Räume lebendiger Schöpfung nach oben und bildet ein sehr excentrisches Ellipsoid, das sich unter dem Aequator bis zu 15000 Fuß aufwärts wölbt und bei den Polen in die Erdfläche am Meeresniveau einschneidet. Der südliche Alpenabhang wird von ihr in einer Höhe von 9000 Fuß (die Südseite des M. Rosa in 9500 Fuß), der Nordabhang 1000 Fuß tiefer geschnitten. Daß die Schneegrenze an der den warmen Südwinden und der Insolation zugekehrten Südseite höher hinaufrückt, begreift sich leicht, auch wirst Du Dir die jährliche Schwankung derselben leicht erklären können, wenn Du die Ungleichheit der Sommer- und Wintertemperaturen und die wechselnde Menge der atmosphärischen Niederschläge in den verschiedenen Jahrgängen berücksichtigst. Die untere Schneegrenze muß in derjenigen Höhe getroffen werden, wo die täg-

lichen und jährlichen Wärmeunterschiede nebst den Ursachen örtlicher Erwärmung immer mehr verschwinden. Denn soll sich der Schnee bleibend erhalten, so genügt eine Mitteltemperatur von 0° nicht, sondern die Wärme des Sommers auf diesen Höhen muß die mittlere Temperatur durchschnittlich so wenig übertreffen, daß sie denselben nicht zu verzehren vermag. Steht die im Winter angesammelte Schneemenge zur Wärme im Sommer in dem Verhältniß, daß die letztere gerade noch hinreicht, die erstere zu schmelzen, so bildet sich an diesem Punkte die Schneegrenze. Dieses Verhältniß ist aber veränderlich und darum das Schwanken derselben. Wenn daher auch oberhalb der Schneegrenze die Kraft der Sonnenstrahlen in den heißesten Monaten die Schneefelder noch zu erweichen vermag, so wird doch jeder Versuch, das Winterkleid zu zerstören, durch die bedeutende Kälte vereitelt, welche wenige Stunden nach dem Durchgang der Sonne durch den Meridian wieder eintritt; was um die Mittagszeit geschmolzen, das gefriert alsdann wieder. So dauert dieser Kampf seit Jahrtausenden und ruht nur im Winter auf längere Zeit, um im Sommer auf's Neue zu beginnen.

Außer der mittleren Wärmemenge und der Vertheilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten (heiße Sommer, schneereiche Winter) üben noch besondere Ursachen auf die Höhe der Schneelinie einen bestimmenden Einfluß aus. Unter diesen steht die Configuration im ersten Rang. Man hat beobachtet, daß in der Mitte eines langgestreckten Bergrückens eine schnellere Temperaturabnahme stattfindet, als zu beiden Seiten, wo noch die erwärmte Luft von Ebenen oder zweier sich begegnender Thäler wirkt; hier wird also die Schneegrenze etwas höher liegen als dort. Der Calanda und die Dent de Morcles, welche mehrere hundert Fuß über die Schneegrenze emporragen, sind im Spätsommer oft schneefrei. Die ungleiche Höhe der Schneelinie wird ferner bedingt durch die Schroffheit der Abhänge, an denen der Schnee nie lange oder gar nicht haften bleibt, durch die kalten Gewässer der Schnee- und Eisfelder, welche die Schneegrenze unter die gewöhnliche Höhe herabbringen, und endlich durch den eigenthümlichen Bau einer Alpenmasse. Ragt eine solche mit zahlreichen, einander benachbarten hohen Gipfeln beträchtlich über die Schneelinie hinaus, so wird durch die starke Erkaltung, welche von den Firn- und Eismassen, womit eine solche Gebirgsmasse belastet ist, ausgeht, durch die von ihnen im Sommer herabrieselnden kalten Eiswasser und durch die empfindlich kalten Winde, welche

besonders Abends von diesen Schneehöhen zu Thal stürzen, die Temperatur der unteren Luftschichten erniedrigt, und die Schneelinie sinkt. Sie sinkt darum auch tiefer an Abhängen, die von hohen Schneegebirgen überragt werden, als an vereinzelten Gipfeln und Kämmen, die nicht beträchtlich über sie hinaufragen, weshalb die Pässe des St. Bernhard, der Gemmi und Grimsel in den meisten Jahren noch Schneefelder tragen, während weit höhere Gipfel in größerer Entfernung vom Hochgebirge oft schneefrei sind. Ueber Hochebenen endlich steigt die Schneelinie beträchtlich höher als über tiefliegendem Thalboden. In Mittelbündten, wo die Hochflächen eine ziemlich bedeutende Ausdehnung haben, erhebt sie sich zu 8600 bis fast 9000 Fuß. Denn dieser hochgehobene, den ganzen Tag von der Sonne beschienene Boden ist den höheren Schichten der Atmosphäre näher, er wird eine wärmestrahlende Quelle, von welcher die erwärmte Luft an den Bergabhängen emporsteigt und durch Schmelzen des Schnees die Schneelinie bedeutend über die mittlere Grenze emporhebt. Auf der Cima de Flix im Oberhalbstein, die über 9000 Fuß absolute Höhe hat, findet man im Herbstmonat meist nur sporadische Schneeflecken, und nicht selten ist der Schnee bis auf die letzte Spur verschwunden. Wo hingegen hohe Berggipfel aus tief eingeschnittenen Thälern emporragen, da findet ein umgekehrtes Verhältniß statt, und die Schneelinie sinkt bis auf 8000 Fuß herab. Auch die Beschaffenheit des Bodens hat auf die untere Schneegrenze Einfluß. Auf schwarzen Schieferflächen, die sich stark erwärmen, oder auf Kalkfelsen, die alles Schmelzwasser sogleich abfließen lassen, verschwindet der Schnee früher, als auf moosigem Boden oder auf Gletschern. Auf den letzteren ist die Höhe der Schneelinie 7600 bis 7800 Fuß. Du siehst aus dem Mitgetheilten, daß die Ursachen mannigfach sind, welche eine jährliche und örtliche Ungleichheit der Schneelinie bedingen.

Daß die Alpen, von denen hunderte von Gipfeln 2000 bis 6000 Fuß in die Schneeregion hineinragen, eine mächtige Ursache meteorologischer Prozesse des Luftkreises sein müssen, läßt sich erwarten. In der That wirkt dieser kalte Gebirgskörper wärmeabsorbirend und dadurch abkühlend auf seine Umgebung. Die an ihm erkaltete Luft, als die schwerere, sinkt zu Thal und verbreitet sich, als kalter Bergwind, nach allen Seiten, wie ich Dir später noch ausführlicher schreiben werde, wenn die Winde, als Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes, zur Sprache gebracht werden müssen. Die Alpen werden aber nicht blos

durch ihre Höhe, sondern auch durch ihre westöstliche Richtung, in Folge welcher sie kalten und warmen Luftströmungen als Hinderniß entgegentreten, Ursache mannigfacher meteorischer Erscheinungen anderer Art. Die atmosphärische Thätigkeit der oberen Luftschichten wird durch sie bestimmt, wenn die feuchten und warmen Süd- und die kalten Nordwinde sich in ihnen begegnen und ihr Kampf Regen, Stürme und Gewitter erzeugt. Bekannt sind die von Gewittern begleiteten gewaltigen Regengüsse, welche im Sommer 1834 sich am Gotthard entluden und die Thäler von Wallis, Tessin und Graubündten überschwemmten. Gewitter sind, wie Du weißt, elektrische Erscheinungen, Entladungen der Wolkenelektricität. Die positive Elektricität der Luft und der in ihr schwimmenden Wolken hat ohne Zweifel ihre Quelle in der Verdunstung des Wassers. Wenn nun bei heißem Wetter diese positiv-elektrischen Dünste mit den aufsteigenden warmen Luftströmungen in die Höhe gelangen, so erkalten sie oft schnell an den höheren Abhängen der Alpen und verdichten sich rasch zu Wolken, in denen sich die Luftelektricität in dem Maße anhäuft und eine solche Spannung annimmt, daß der darunter befindliche Boden in entsprechendem Grad negativ-elektrisch wird, und es zu einer gewaltsamen Entladung durch die trennende Luftschicht hindurch kommen kann. Es entsteht alsdann ein Gewitter mit Blitz und Donner. Man hat in unseren Alpen Gewitter beobachtet, die eine Ausdehnung von 30 bis 50 Stunden und darüber hatten, und die Elektricität aller einzelnen Theile dieser riesenhaften Gewitterwolken stand in einem innigen Zusammenhang. So sah man bei einem solchen Gewitter, das sich vom Genfersee bis in den Kanton Glarus erstreckte, daß es zuerst im Waadtlande zwischen zwei Wolkenschichten, nach wenigen Momenten in Bern blitzte, wobei nur die Wolken hell erleuchtet wurden, worauf ein gezackter Blitz in der Richtung nach Luzern nach unten fuhr, dem einer in der Richtung von Schwyz in den Wolken folgte. So sind die Alpen wahre Wettersäulen, und in mehreren Thälern, wie am Langensee, wo der aufsteigende warme Luftstrom durch hohe Bergwände gegen Seitenströme geschützt ist, treten die Gewitter sogar mit merkwürdiger Regelmäßigkeit ein. — Es ist eine bekannte Erscheinung, daß gar oft die Alpengipfel, bei sonst völlig heiterem Himmel, mit feststehenden Wolken bedeckt sind, und diese Erscheinung dauert Stunden, selbst Tage lang. Aber diese Ruhe ist nur scheinbar, auf der Bergspitze selbst weht ein heftiger Wind, und die Wolke entsteht dadurch, daß die Berge die

unteren dampfreicheren Schichten verhindern, dem herrschenden Wind in wagerechter Richtung zu folgen, und sie nöthigen, an den Bergen aufzusteigen, wo ihre Dämpfe an den Gipfeln und durch kalte Winde zu Nebeln und Wolken verdichtet werden. Wenn die Nord- und die Südwinde sich in den Alpen begegnen, so findet diese Nebel- und Wolkenbildung in der Regel statt. Der kältere Nordwind, der in der Tiefe weht, steigt am nördlichen Abhange der Berge in die Höhe, und sowie er den Kamm erreicht, bildet er Nebelmassen, welche versuchen, den Kamm zu übersteigen, aber, vom Südwind nach Norden getrieben, in die Höhe steigen. Auf den Alpenpässen ist das Hervortreten, Bewegen und Wiederverschwinden dieser Dunstgebilde eines der schönsten, lebhaftesten und auffallendsten Schauspiele. Wenn die Nebel am Hospiz des Gotthard schnell vorüberziehen, so drängen sie sich dicht gedrängt in das plötzlich herabstürzende Thal von Tremola und gegen das Livinerthal hin. Man sollte glauben, in wenigen Minuten müßte ganz Tessin bis an den Langensee mit Nebeln bedeckt sein. Allein die Wolken, von dem aus der Tiefe aufsteigenden warmen Luftstrom schnell aufgelöst, erreichen oft nicht einmal den Ausgang des Thales von Tremola. Das Wolkenspiel und seine Verwandlungen gewährt von einem freien Standpunkt in den Alpen oft einen höchst interessanten Anblick. Manchmal, wenn die Sonne etwas höher über den Horizont gestiegen, brechen aus allen Schluchten und sonnenbeschienenen Matten der Bergwände Nebel hervor, die mit dem aufsteigenden warmen Luftstrom höher und höher steigen und allmälig in der mittleren Gegend der Wolkenregion sich zu schon beleuchteten Haufenwolken sammeln, die sich von Stunde zu Stunde vermehren. Sinken dann diese Haufenwolken gegen die untere Grenze der Wolkenregion herab, so verwandeln sie sich gegen Abend in langgestreckte Schichtwolken, die Nachts und vielleicht des folgenden Tages sich in starken Regen entladen. Wenn sich dann das Wetter wieder aufklärt, so beobachtet man das umgekehrte Schauspiel; die Sonne lockert die graue Decke der Schichtwolken, welche zerreißen, als Haufenwolken aufsteigen, hie und da glänzend an den Schneegipfeln hängen, bis sie, in höhere Regionen sich erhebend, in Federwolken übergehen und endlich spurlos verschwinden.

Laß mich diesem Briefe noch ein paar Worte über die außerordentliche Hitze beifügen, welche wir im Sommer in vielen unserer Alpenthäler antreffen. Von drei Seiten von dem wärmestrahlenden Boden

eingeschlossen, stellen ihre südlichen Gebirgsabhänge der Sonne Flächen entgegen, welche ihre Strahlen fast senkrecht treffen und sie daher in hohem Grade erwärmen müssen. Dadurch sowohl wie durch das Abprallen und Kreuzen der Wärmestrahlen steigt in vielen jener Thäler die Lufttemperatur im Sommer sehr oft auf 25°, nicht selten auf 26° bis 28° R. im Schatten. Daß eine solche Wärme nicht nur trefflichen Wein zur Reife bringen, sondern auch, wie im unteren Wallis, die Zeitigung von Südfrüchten begünstigen muß, ist begreiflich. Uebrigens individualisiren die verschiedene Richtung der Alpenthäler, der Steilabfall der sie einschließenden Bergketten nach Norden oder Süden, ihre Höhe über dem Meere, ihre Lage am Nord- oder Südabhang der Alpenkette, zahlreiche Wälder oder nackte Felswände örtlich das Klima dieser Thäler in Hinsicht auf Wärme, Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft, auf Häufigkeit der Winde und der Gewitter.

Siebenter Brief.

Bodenwärme.

Obgleich die Bodenwärme zu den klimatischen Verhältnissen eines Landes in keiner Beziehung steht, so trägt sie doch in den mittleren und nördlichen Klimaten der gemäßigten Zone in strengen Wintern zur Erhaltung der perennirenden Gewächse bei, und so magst Du Dir denn auch einige Bemerkungen über sie gefallen lassen.

Ueberall, wo unter dem Einfluß des erwärmenden Sonnenlichtes die feste Erdrinde von Wasser und Luft umgeben ist, wo diese Aggregatzustände verschiedener Substanzen an einander grenzen, finden wir den vorzugsweisen Wohnsitz der belebten Schöpfung. Zwar sind Wasser und Luft bis zu gewissen Tiefen und Höhen über diese Grenzen hinaus von lebenden Wesen bewohnt, und nach dem Lande hin schreitet das organische Leben von den Ufern und Grenzen der Gewässer nach den trockenen, wasserleeren Wüsten vor; allein dies ist nur in gewissem Grade der Fall, soweit nämlich die Wechselwirkungen dieser drei Aggregatzustände reichen. Ein dauerndes organisches Leben ist daher nicht mehr zu finden, wo das tropfbar-flüssige Wasser in die Krystall-

bildungen von Eis übergeht; jene Gewölbfläche des ewigen Frostes, die wir Schneelinie nennen, bildet die obere Grenze der belebten Schöpfung. Auch unter die feste Erdoberfläche reicht sie nur so weit, als die angeführten Bedingungen reichen. Luft und Wasser dringen überall leicht in die lockere Erdoberfläche ein, die Sonnenwärme dagegen, die Erregerin des Lebens, nur langsam und bis zu einer geringen Tiefe. Die Temperatur der Bodenoberfläche ist aber lediglich bedingt durch die strahlende Wärme der Sonne. Zwar besitzt die Erde eine von diesem Weltkörper unabhängige eigene Wärme in ihrem Inneren, welche den Beobachtungen zufolge mit zunehmender Tiefe, im Mittel für je 100 fr. Fuß um 1° C., steigt. Diese Wärmezunahme nach dem Erdinnern, von welcher die heißen Quellen, die vulkanischen Ausbrüche und die Erdbeben Wirkungen und zugleich Beweise sind, wird aber in mittleren Breiten erst in einer Tiefe von 60 bis 70 Fuß bemerkbar, kann also keinen spürbaren Einfluß auf die Temperatur der Oberfläche ganzer Gegenden haben, indem sie höchstens ganz locale Steigerungen der Oberflächentemperatur durch vulkanische Thätigkeit hervorbringt.

Der feste Erdboden wird von den Sonnenstrahlen erwärmt nach Maßgabe seines Fassungsvermögens (Wärmecapacität), welche bei den verschiedenen Körpern an der Erdoberfläche ungleich ist, und die empfangene Wärme dringt in denselben ein, nach Maßgabe der Leitungsfähigkeit der verschiedenen Erd- und Steinschichten. Da die Wärmefortpflanzung durch Leitung sehr langsam erfolgt, so müssen die Temperaturen, welche denen an der Oberfläche entsprechen, später eintreten. Die Zeit, welche in unseren Gegenden die Wärme gebraucht, um bei ihrem täglichen Gange 1 Fuß tief einzudringen, beträgt $9^1/_2$ (9^h,29) Stunden, bei dem jährlichen gegen 6 Tage, genauer 5,8 Tage. Der 14. Theil dieser Geschwindigkeit gibt für diejenige der täglichen Phasen 9,87 Stunden. Somit ist bei uns der wärmste Tag in 6 Fuß Tiefe erst etwa den 30. August, in 12 Fuß den 9. October, in 24 Fuß Tiefe den 15. December, während die größte Kälte in der letztgenannten Tiefe etwa auf den 13. Juni fällt. In einer Tiefe von etwa 30 Fuß treten daher die jährlichen Wärmewechsel um ein volles Halbjahr später ein als an der Oberfläche, d. h. in dieser Tiefe muß die größte Wärme in den Wintermonaten, die kleinste in den Sommermonaten sein, und eine der jährlichen Phasen befindet sich zur Zeit, da die gleichnamige Phase an der Oberfläche eintritt, nach der Berechnung aus dem gefun-

denen Mittelwerth, fast genau in 60 Fuß Tiefe. Der Vorgang bei dieser Wärmeleitung in den Bodenschichten ist etwa folgender. Wenn während des Sommers die Temperatur der Luft und der obersten Bodenschichten steigt, so dringt diese Wärme sehr langsam durch den schlecht leitenden Boden. Nimmt dann im August die Wärme der Luft wieder ab, so werden auch die obersten Schichten des Bodens kälter, aber anfänglich ist ihre Wärme noch etwas größer als die der tiefer liegenden Schichten. Endlich wird die Oberfläche kälter als die dicht unter ihr liegenden Schichten, die Wärme geht nicht mehr, wie bisher, allein nach unten, sondern auch nach oben. Wird die Wärme der Oberfläche noch geringer, so müssen von Tag zu Tag tiefer liegende die höheren erwärmen, während sie zugleich den unteren Wärme mittheilen. Sowie aber ihre Wärme nicht mehr die der tiefer liegenden übersteigt, werden letztere ihre größte Temperatur erlangen, und es wird im Winter so lange nur noch eine Bewegung der Wärme von unten nach oben stattfinden, bis die Wärme der Luft und der obersten Schichten wieder zu steigen beginnt. Da nun im Winter ein Frost kaum merklich in den Boden eindringt, wofern die Kälte nicht 9 bis 10 Grad erreicht und wenigstens 8 Tage dauert, und der Boden bei uns in der Ebene auch in strengen Wintern selten über 19 bis 20 Zoll tief zufriert; so siehst Du wohl, daß die im Winter von unten nach oben stattfindende Wärmebewegung den tiefer wurzelnden perennirenden Gewächsen günstig sein muß, indem sie ihnen auch in strengen Wintern noch einen gewissen Grad von Wärme zuführt. Es ist der durch Ausstrahlung nicht verloren gegangene, wenn auch geschwächte Wärmevorrath der tieferen Bodenschichten, der ihnen, durch Mittheilung nach oben, zur Wohlthat wird.

Ich habe vorhin bemerkt, daß die Tiefe, in welcher die jährlichen Wärmeveränderungen verschwinden, oder die Tiefe constanter Temperatur, im Mittel etwa 60 Fuß beträgt. Viel geringer ist die Tiefe, in welcher der tägliche Spielraum der Wärme unmerklich wird. In Mitteleuropa verschwindet der tägliche und jährliche Spielraum in 3,86 und 73,33 Fuß. Jedoch kommt dabei viel auf die mineralische Beschaffenheit der Bodenschichten an, wodurch die genannten Zahlen größer oder kleiner werden; in Trappgesteinen und Sand sind sie durchschnittlich kleiner als im Sandstein- und Thonboden. Ueberdies gibt es noch mancherlei Ursachen, unter deren Einfluß wesentliche Abweichungen der Bodenwärme herbeigeführt werden, und welche entweder erhöhend oder

erniedrigend wirken. Zu den ersteren gehören heiße Gase und Dämpfe, die durch den Boden aufsteigen, und vulkanische Eruptionen. Zu den letzteren gehören erstlich Seen; denn weil die Wasserschicht, welche im Laufe des Jahres an der Oberfläche die tiefste Temperatur erhielt, dieselbe auf den Grund des Sees führt, so muß dieser kälter sein, als die Temperatur der darüber befindlichen Isotherme. Nur die Seen unserer Alpenpässe und überhaupt aller Gegenden, deren jährliche Mittelwärme bei 0° ist, machen hievon eine Ausnahme, weil das Wasser bei 3°,2 seine größte Dichtigkeit hat. Eine Depression der Bodenwärme bringen zweitens die Gletscher hervor, wo sie in Gegenden hinabsteigen, deren Durchschnittswärme über 0° ist. Weil die Wärme dem kalten Gletschergrunde zuströmt, so müssen die Gletscher nicht nur auf den Boden, auf dem sie liegen, sondern auch auf ihre weitere Umgebung erkältend wirken. Die mittlere Jahreswärme eines Jahres ist in einer Tiefe von 4 Fuß in Dorf Grindelwald zu 5°,84, ungefähr in der Mitte zwischen dem Dorf und dem Gletscher nur 4°, nahe am Gletscher nur 1°,36 R. gefunden worden. Die erkältende Wirkung des Gletschereises und des Tiefenwassers der Seen erstreckt sich jedoch in den Bodenschichten nur auf geringe Entfernungen und kann also auf die Vegetation keinen bedeutenden Einfluß ausüben.

Da in diesem Briefe von der Bodenwärme die Rede war, so will ich noch mit ein paar Worten der natürlichen Eisgrotten und der Windhöhlen (Wetterlöcher, ventarole) erwähnen. Der Grund der ersteren, der Eishöhlen, ist das ganze Jahr mit Eis bedeckt, wie in der Eisgrotte St. George am Jura oberhalb Rolle, und im Schafloch am Thunersee. Da diese Höhlen nur in höheren Gebirgen vorkommen und sich im Inneren derselben ziemlich tief abwärts ziehen, so kann die hinabsinkende kalte und schwere Luft des Winters wegen des gänzlichen Mangels an Luftzug nicht wieder heraustreten, es bildet sich in dieser Jahreszeit Eis im Höhlengrunde, das sich in der kalten Umgebung erhält. Anders verhält es sich mit den Windhöhlen. Aus dem stark zerklüfteten Gestein, in dem sie getroffen werden, strömen besonders im Sommer kalte Winde aus. Sie liegen am Fuße von Gebirgen, und werden in der deutschen Schweiz zu Milchkellern, in der italienischen zu Weinkellern benutzt. Bei gutem Wetter im Sommer ist die Ausströmung des Windes stärker als bei regnerischem, und im Winter soll der Luftzug umgekehrt statthaben. Die Temperatur des ausströmenden

Windes ist bei verschiedenen Höhlen verschieden; so fand man diejenige von Caprino gegenüber Lugano im Juli 2°,3 R., diejenige in den Milchhütten des Seelisberges am Vierwaldstättersee im Juli 3°,2 R., in den Felsspalten aber nahe bei 0°. Man erklärt sich den Luftzug dieser Höhlen, wie denjenigen bei Schornsteinen, aus der ungleichen Dichtigkeit der Luft im oberen und unteren Theil der Klüfte, die den ganzen Berg durchsetzen, und da die Erkältung größer ist, als man sie in dem höheren Theil der Spalten voraussetzen darf, so muß die kälteerzeugende Dampfbildung zu ihrer Vermehrung beitragen. Außer den schon angeführten Windhöhlen finden sich in der Schweiz noch folgende: auf Emmeten am Vierwaldstättersee, auf der Blummatt bei Stanz und zu Hergiswyl am Pilatus.

Achter Brief.

Atmosphärische Feuchtigkeit und Kreislauf des Wassers.

Wenn sich meine bisherigen Mittheilungen hauptsächlich auf die Temperaturverhältnisse unsers Landes bezogen, so gehe ich nun zu der atmosphärischen Feuchtigkeit und allen daraus hervorgehenden Erscheinungen über, welche mit der Lufttemperatur in innigem Zusammenhange stehen und einen wesentlichen Factor des Klimas ausmachen.

Wir sind so sehr gewohnt, Land und Wasser in gegenseitiger Durchdringung zu sehen, daß ein Zustand der Dinge, wo diese beiden Elemente der Erde einander ganz fremd blieben, schwer zu denken wäre. Die unsichtbar in der Luft getragene Feuchtigkeit, welche in dem erquickenden Thau und dem wohlthätigen Regen, welcher die ganze Natur des Landes frisch und lebendig erhält, niederschlägt, der kühle Wasserquell, der unseren Durst löscht, Bäche, Flüsse und Ströme, welche unsere Wiesen, Felder und Thäler befruchten und zu Handels- und Verkehrsstraßen für die Länder werden, die vielen Seen, welche so mannigfaltige Reize und gesellige und geschäftliche Verbindungen für die sie umgebenden Uferlandschaften mit sich bringen, alles dieses hat uns von Jugend an die wechselweise Durchdringung des Trockenen und Nassen

und ihre gegenseitige Wirkung auf einander kennen gelehrt. Erschien uns die Sonnenwärme des Erdkörpers als die wirksamste Lebensursache, so müssen wir das Wasser als ein nicht minder wichtiges Förderungsmittel betrachten, ohne welches die Erde weder das Pflanzen- noch das Thierleben zu erhalten vermöchte, ganz abgesehen davon, daß es in seinen verschiedenen Aggregatzuständen dem Menschen zu hundertfältigen Zwecken dient, die sein Vergnügen, oder sein Glück fördern sollen. Würden einst die Naturen des Landes und des Wassers aufhören, sich mit einander zu vermischen, so wäre dies die Zeit des Todes für alles Organische. Alles continentale Wasser kommt von der atmosphärischen Feuchtigkeit, und diese stammt ihrem überwiegenden Theile nach vom Ocean her. Hat das widrig schmeckende Salzwasser der Meere seinen Weg durch die verschiedenen Laboratorien der Natur durchlaufen, so ist es zum erquicklich frischen, süßen Wasser des Festlandes geworden. Wir wollen ihm auf diesem Wege folgen.

Die Sonne regt in dem Wasser den Verdunstungsprozeß an und unterhält ihn fortwährend. Das Wasser geht dabei in einen luftartigen Körper über, dessen Raum vielmal größer ist, als derjenige war, den es vorher einnahm. Beide Aggregatzustände des Wassers, der tropfbar-flüssige und der luftförmige, haben das mit einander gemein, daß die kleinsten Theile wegen ihres geringen Zusammenhanges leicht verschiebbar sind, während das zu Eis erstarrte Wasser einer Trennung seiner Theilchen einen sehr merklichen Widerstand entgegensetzt. Durch den Verdunstungsprozeß wird das Meerwasser von aller fremden Beimischung befreit und es steigt als reines, unsichtbares Wassergas in die Luft auf in der Gestalt unendlich feiner, noch wenig erklärter Dunstbläschen (Hohlkügelchen), welche an die Zellen, die Grundformen der organischen Körper, erinnern. Das verdunstete Wasser erhebt sich in die Höhe, theils weil es in der Form von Dunstbläschen viel leichter ist als tropfbar-flüssiges Wasser und die unteren Luftschichten, theils weil der vom erhitzten Boden aufsteigende warme Luftstrom es in die oberen Regionen entführt. Untersucht man den Feuchtigkeitszustand der Luft, so findet man auch ohne Anwendung von Instrumenten große Verschiedenheiten, indem das atmosphärische Wasser bald in heftigen Gewitterregen niederstürzt, bald sich langsam und unmerklich zu Thau bildet, während zu anderen Zeiten die Luft so trocken ist, daß Hölzer sich werfen und Wasser in offenen Gefäßen mit Schnelligkeit verdunstet.

Die Menge des in der Atmosphäre aufgelösten Wasserdampfes hängt einerseits, wie sich übrigens von selbst versteht, von der Größe der dunstbildenden Fläche ab, andererseits von der Bewegung und vorzüglich von der Temperatur der Luft. Denn Luft von einer bestimmten Temperatur nimmt nur so viel Wasserdampf in sich auf, als ihrer Temperatur entspricht, und wenn sie damit gesättigt ist, so vermag sie keinen mehr aufzunehmen, sie erlangt jedoch die Fähigkeit zur Aufnahme einer noch größern Menge von Wasserdampf in dem Augenblick, wo ihre Temperatur erhöht wird, oder wo Winde die bis zum Sättigungspunkte mit Dampf erfüllte Luft fortführen und trockene oder weniger gesättigte Luft an ihre Stelle bringen. Die Verdampfung bei windiger Witterung ist im Jahresmittel doppelt so stark gefunden worden als bei windstiller, wobei sowohl im Jahr als im Sommer der Südwest als der feuchteste, der Nordost im Jahresmittel als der trockenste Wind erschien. Im Sommer dagegen war der Nordwest der trockenste, und im Winter überwiegt die Wärme des Südwest den Einfluß des höheren Dampfgehaltes. Dampfgesättigte Luft enthält bei der Temperatur 0° etwa $^1/_3$ Dampf auf's Hundert dem Gewichte nach, bei 8° $^2/_3$, bei 16° $1^1/_3$ und bei 24° $2^1/_2$ Gewichtsprocente. Je größer die Verdunstung ist, desto größer ist die atmosphärische Feuchtigkeit an und für sich, d. h. die Dampfmenge, die wirklich in der Atmosphäre vorhanden ist; dieselbe ist also bei Tag größer als bei Nacht, im Sommer größer als im Winter. Je größer aber die Lufttemperatur ist im Vergleich mit dem Wassergehalt, desto geringer ist die relative Dampfmenge oder der Feuchtigkeitsgrad, d. h. das Verhältniß des wirklichen zum möglichen Dampfgehalt. Würde man z. B. im Sommer bei einer Temperatur von 24° R. die Elasticität des absoluten Dampfgehaltes gleich 17^{mm},39 finden, während sie im Zustande der Sättigung 31^{mm},55 betragen würde, so wäre der relative Dampfgehalt $\frac{1739}{3155}$ oder 55 Procent des möglichen, d. h. also, die Atmosphäre enthielte nur etwa die Hälfte des Dampfes, den sie aufnehmen könnte. Im Allgemeinen ist die Luft Nachmittags und im Juli relativ am trockensten, Morgens und im December am feuchtesten. Der tägliche Gang der relativen Dampfmenge ist aber in unseren Gegenden der Art, daß der Abstand des wirklichen von dem möglichen Dampfgehalte mit steigender Temperatur zunimmt; denn die relative Feuchtigkeit ist vor Sonnen-

aufgang am größten, nimmt ab, wie die Temperatur steigt, erreicht in den wärmsten Stunden des Tages ihr Minimum und steigt dann wieder bis zum Maximum des Morgens. Dieses scheinbare Zurückgehen der Dampfzunahme während der wärmsten Stunden des Tages erklärt sich durch den starken aufsteigenden Luftstrom, der um diese Zeit die vorhandenen Dämpfe mit sich in die Höhe führt. Er wird auch die Ursache, daß auf größeren Höhen der tägliche Gang der relativen Dampfmenge umgekehrt ist, denn er führt der auf den Höhen selbst entstehenden atmosphärischen Feuchtigkeit in den wärmeren Tagesstunden noch diejenige aus der Tiefe zu. Dieselbe Ursache hat ganz dieselbe Wirkung für den täglichen Gang der absoluten Dampfmenge im Inneren der Continente. Während der jährliche Gang der absoluten Dampfmenge unter allen Verhältnissen mit dem der Temperatur übereinzustimmen scheint, so ist wahrscheinlich, daß der jährliche Gang der relativen Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Gegenden ungleich ist, so daß sich z. B. in den Umgebungen des mittelländischen Meeres, wo es im Sommer beinahe nie, im Winter häufig regnet, das Verhältniß umkehrt. Wegen der engen Verbindung der Temperatur und der absoluten Feuchtigkeit der Atmosphäre läßt sich endlich eine Verminderung der Dampfmenge mit steigender Höhe erwarten. Beobachtungen ergeben das Resultat, daß im Sommer, wann mit steigender Höhe auch die Temperatur am schnellsten abnimmt, diese Verminderung schneller erfolgt als im Herbst und im Jahresmittel. Auch die relative Feuchtigkeit ist auf hohen Gebirgen geringer als in der Tiefe. Die häufigeren Wolken in der höheren Atmosphäre, die noch häufiger die Gebirge umlagernden Nebel, die beständige Feuchtigkeit des Bodens, der Wasserreichthum und die unausgesetzte Fortdauer der Quellen deuten darauf hin, denn sie beweisen ein Uebergewicht der Niederschläge, folglich eine vorherrschend größere Trockenheit in den oberen Luftregionen.

Was den jährlichen Gesammtbetrag der Verdunstung betrifft, so ist derselbe wegen des großen Einflusses der Oertlichkeit, wo das zu dieser Bestimmung nöthige Instrument (Atmometer) aufgestellt wird, schwer zu ermitteln. In Deutschland soll von einer Wasserfläche im Schatten eine Schicht von 20 bis 24 Zoll, in der Sonne eine Schicht von 60 bis 65 Zoll jährlich verdunsten; in der Schweiz steigt dieser Betrag ohne Zweifel höher. Die Verdunstung der Meere muß demjenigen Theile des Festlandwassers, welcher nicht wieder verdampft, oder in

die Erde eindringt, oder andere Verbindungen eingeht, sondern dem Meere zufließt, und der auf dasselbe zurückfallenden Regenmenge das Gleichgewicht halten, weil seit Jahrtausenden keine Veränderung des Meeresspiegels beobachtet worden ist.

Je höher die dampferfüllte Luft steigt, desto mehr dehnt sie sich aus, da das Gewicht der über ihr lastenden Schichten stets vermindert wird. Ausdehnung kühlt aber, wie ich Dir schon früher geschrieben habe, die Luft ab, weil ein bestimmtes Maß Wärme, das auf einen bestimmten Raum vertheilt ist, sich natürlich desto mehr vermindert, auf einen je größeren Raum es sich vertheilt. Zu dieser Abkühlung tragen ferner bei die größere Kälte der oberen Luftschichten, wohin der aufsteigende Luftstrom den Wasserdampf führt, die wärmeabsorbirenden Gipfel höherer Berge und Winde, welche aus kälteren Gegenden wehen. Wie nun die Wärme alle Körper ausdehnt, so zieht sie die Kälte zusammen und verdichtet sie, die Dunstbläschen werden mithin, wenn sie erkältet werden, ebenfalls dichter und dadurch dem Auge wieder sichtbar. Denn sobald die dampfgesättigte Luft abgekühlt wird, so vermag sie die mit der erniedrigten Temperatur unverträgliche Menge von Feuchtigkeit nicht mehr als aufgelösten Wasserdampf zu halten, sondern *schlägt* ihn *nieder* in der Form von Thau, Nebeln, Wolken, Regen oder Schnee. Die flüssigen Niederschläge in freier Atmosphäre bilden sich zu Dunstbläschen, die näher zusammenrücken, die starren Niederschläge, in großen Höhen selbst mitten im Sommer, zu Eisnadeln, die dann nicht selten die Veranlassung zu Sonnenhöfen werden. Die Dunstbläschen, deren Durchmesser verschieden, von $0^{mm},0051$ bis $0^{mm},0097$ angegeben wird, enthalten dampfgesättigte Luft, die von einem äußerst dünnen Wasserhäutchen umgeben ist. Wahrscheinlich verdichten sich die Bläschen nicht selten zu massiven Wasserkügelchen und bilden dann die Elemente der Regentropfen. — *Wolken* und *Nebel* sind im Wesentlichen dieselbe Form des Niederschlags, wie man sich durch Erhebung in die Wolkenregion der Gebirge überzeugen kann; dort ist es auch, wo uns die Wolken, die, aus der Ferne gesehen, als ruhende Massen erscheinen, in ununterbrochener Bewegung, in einem nie ruhenden Schaffen und Weben erscheinen. Wenn man in eine Wolke eindringt, möge sie eine äußere Gestalt haben, welche sie wolle, so wird dieselbe allemal als formloser Nebel erscheinen, mit der einzigen Ausnahme, daß die Wolken manchmal statt aus Dunstbläschen aus feinen Eisnadeln bestehen. Man hat

die Wolken, ihrer äußeren Form nach, in Federwolken (Cirrus), Haufenwolken (Cumulus) und Schichtwolken (Stratus) und mehrere Uebergangsformen eingetheilt; aber die Ursachen dieser Formen und ihrer Gruppirung sind noch nicht näher bekannt. Studer ist der Ansicht, daß bei der Bildung dieser Dunstmassen wohl noch andere Potenzen, als Wärme und Schwere, thätig seien. Wenn die Wolken manchmal einen ruhigen Bestand und scharfe Grenzen zeigen, so können sie, nach ihm, nicht als zufällige Anhäufungen von Bläschen, sondern müssen als in sich abgeschlossene Massen angesehen werden. Gerade die Verschiedenheit der Gestalten so vieler Wolken, und die Wiederkehr ähnlicher Gestalten unter ähnlichen meteorologischen Verhältnissen, welche es möglich macht, aus ihrem Ansehen und ihrer Lage an den Gebirgen den herrschenden Wind und die zu erwartende Witterung zu erkennen, deutet auf ein eigenthümliches Princip des oft so malerischen Phänomens der Wolkenbildung. Jene Wolkenform, die Dir bei Deiner Abreise aus den Alpen so aufgefallen ist, gehört zu denjenigen, die nicht zufällig sind, es ist eine Föhnwolke, aber weil der Föhn noch andere Wolkenformen mit sich bringt, so muß dabei noch ein besonderes gestaltendes Princip thätig sein. Man hat oft noch gar sonderbare Vorstellungen von diesen Luftgebilden; sie, die großentheils in fortwährender Entstehung und Auflösung begriffen sind, wie der Brodem über einem Kessel mit siedendem Wasser, hält man für etwas Fertiges, für große Schläuche voll Regen, Schnee und Hagel, gleichsam als wären sie Fässer, deren Inhalt, wenn ihnen der Boden ausgeschlagen wird, zu Boden stürzt. Eine Wolke ist aber ein Prozeß, ein Vorgang in der Luft und sehr viele derselben, mit Ausnahme der stationären Wolken, bestehen nur, indem sie fortwährend entstehen und wieder vergehen, ähnlich der weißen Schaumstelle im Gebirgsbach, die, aus der Höhe betrachtet, auch als etwas Festes aussieht, und doch nichts weiter als ein unaufhörliches Entstehen und Vergehen ist. Durch den Gotthardspaß eilen fortwährend raschen Fluges Wolken um Wolken in das Thal von Tremola und nach der Lombardei hinab, aber die Lombardei hat heiteren Himmel, während die Alpen im Rücken in Wolken gehüllt sind; über der heißen Ebene lösen sie sich schnell auf. Wären die Wolken fertige Regen-, Schnee- und Hagelbehälter, so müßte man sich über nichts so sehr wundern, als wie sie mit diesem gewichtigen Inhalt in der Luft schwimmen können. Allein die Wolken bestehen in den meisten Fällen aus Millionen feiner Dunst-

bläschen mit außerordentlich dünner Wasserwandung, die sich in Regen oder Schnee verwandeln, erst wenn sie verdichten. In der Luft aber schweben diese Dunstbläschen (oder Eisnadeln) durch das Zusammenwirken verschiedener Ursachen, wohin gezählt werden müssen: die beim Niederschlag frei werdende Wärme, der Widerstand der Luft und die Adhäsion derselben mit der Bläschenhülle, Winde und der aufsteigende Luftstrom, welcher die Nebelbläschen nicht nur am Herabsinken hindert, sondern sie selbst in die Höhe reißt, wie wir denn sehen können, daß bei schönem Sommerwetter die Wolken in den wärmeren Tagesstunden höher zu steigen pflegen. — Es geschieht oftmals, daß es in den höheren Regionen zur Tropfenbildung kommt, daß sich aber in den niedrigern wärmeren Luftschichten die Tropfen wieder auflösen. Die Verdichtung der Dämpfe muß sich erst durch die ganze unterhalb liegende Luftschicht verbreiten, soll die Tropfenbildung von oben nach unten fortschreiten bis zu wahren Wasserfäden und Strömen, wie man sie bei den tropischen Regen und manchen Sommerregen unserer Gegenden beobachtet. Das Herabfallen der Tropfen tritt höchst selten bei beginnendem Niederschlag, d. h. bei heiterem Himmel ein. Zuweilen schlägt dieselbe Wolke längere Zeit Regen nieder, jedoch meistens mit Unterbrechung durch die frei gewordene Wärme; in der Regel werden aber längere Zeit anhaltende Regen durch das stets erneuerte Zuströmen dampfreicher Luftschichten unterhalten. Allemal, wenn die Temperatur über Null ist, gestaltet sich der dichtere Niederschlag des Dampfes zu Regen, bei niedrigeren Wärmegraden zu Schnee, der, wenn er im Sommer in die unteren Luftschichten höherer Temperatur niederfällt, sich in Regen verwandelt. Allen diesen Niederschlägen liegt also die Abkühlung der Luft zu Grunde, welche entweder, wie bei den Nachtwolken, von der Entziehung der Sonnenwärme, oder von der erkältenden Nachbarschaft der Gebirge, oder, und zwar vornehmlich, von der Mengung von Luftmassen ungleicher Temperatur und verschiedenen Dampfgehaltes herrührt, welche durch Winde zusammengeführt werden. Allemal wenn zwei feuchte und ungleich warme Luftmassen sich mengen, kann das Gemenge nicht mehr allen Wasserdampf als solchen halten, der vorher darin enthalten war, sondern ein Theil desselben muß nothwendig wieder zu Wasser werden. Denn die Abnahme der Tension oder der Spannkräfte des Dampfes hält nicht gleichen Schritt mit der Abnahme der Temperaturen, weshalb bei einer solchen Mengung die gemischte Luft dem Sättigungspunkte

zugeführt wird. In höheren und mittleren Breiten ist der Fall von Schneeblättchen oder Eisnadeln an kalten Wintertagen bei vollkommen blauem Himmel nicht ungewöhnlich, ja dieser „Staubschnee" entsteht auch in dampfreichen warmen Zimmern, wie Dir folgender Vorfall zeigt. Während einer sternhellen, sehr kalten Winternacht war eine zahlreiche Gesellschaft in einem Concertsaale versammelt. Die Luft im Saale war sehr warm und durch die Menschenmenge sehr feucht geworden, so daß einige Damen ohnmächtig wurden. Die zugefrorenen Fenster ließen sich nicht öffnen; da schlug ein Herr einige Scheiben ein, und es geschah etwas, das Manchem wie ein Wunder vorkam, es schneite im Saal, obgleich draußen kein Flöckchen fiel.

Was die Nebel betrifft, so bildet sich derselbe in der Regel, wenn der Boden oder die Wasserfläche, von welcher der Dampf aufsteigt, wärmer ist als die angrenzende Luft. Sie kommen daher am häufigsten in Niederungen, über Seen, Flüssen, feuchten Gründen vor, wo die kältere Luft sich ansammelt, oft scharf begrenzt auf die Stellen, welche den erforderlichen Dampfgehalt liefern. Die Nebel sind vorzugsweise häufig im Herbst und Anfangs im Winter, wann die Erde noch vom Sommer her erwärmt ist, und wenn die Luft durch die nächtliche Strahlung stärker erkaltet als der Boden, so bilden sie sich am Morgen, manchmal schon in den späteren Abendstunden. Wegen der mannigfaltigeren Configuration des Bodens werden sie mit Annäherung an dieselben häufiger und vermehren sich mit zunehmender Höhe. Bei beträchtlicher Erhebung fällt gewöhnlich die geringere Zahl der Nebel auf den Winter; denn die in größeren Höhen vorherrschende Kälte der Luft bei theilweiser starker Erwärmung des Bodens durch die Sommersonne, im Gegensatz mit der früh eintretenden und lange dauernden Schneebedeckung, macht in der Regel ihre Frequenz im Sommer häufiger. Auf dem Gotthard zählt man 278 Nebeltage im Jahr, von denen die größere Zahl, nämlich 79, auf den Sommer kommen, während Bern durchschnittlich 66 Nebeltage hat, von denen nur 8 auf den Sommer, 30 und 20 auf Herbst und Winter kommen. Was die Bewölkung des Himmels überhaupt betrifft, so fällt in allen Jahreszeiten das Maximum derselben auf den Südwest-, das Minimum auf den Ostwind, und die wolkenfreien Tage folgen sich abnehmend in der Jahreszeitenreihe Frühling, Herbst, Sommer und Winter.

Habe ich mich vielleicht schon zu lange bei diesen Hydrometeoren

aufgehalten, so mußt Du mir doch gestatten, dem Obigen noch einige Bemerkungen beizufügen. Wäre, was jetzt auf der Erde Wasser ist, Land, so hätte sich die Trockenheit der Luft längst bis zum Verderben gesteigert; allein fast Dreiviertheile der Erdoberfläche sind vom Meere bedeckt, und alles aus demselben in Dampfform aufsteigende und von da dem Lande zugeführte Wasser, welches nicht zur Unterhaltung des Thier- und Pflanzenlebens gebraucht wird, sammelt sich zu Quellen, Bächen und Strömen, und kehrt, indem es auf der geneigten Ebene des Bodens allmälig herabfließt, wieder in den Schooß des Oceans zurück, woher es gekommen war. Dies ist der ewig sich erneuernde Kreislauf des Wassers, durch welchen dem trockenen Lande die Wohlthat der Befeuchtung und Bewässerung zu Theil wird, die zu den Grundbedingungen des organischen Lebens gehört, und von welcher Wohlstand und Bildung der Völker auf mannigfache Weise abhängig ist.

Nach der technischen Bezeichnungsweise entspricht die Wärmemenge, welche das Meerwasser jährlich in Dampfform aufsteigen macht, der ungeheuren Summe von 16 Billionen Pferdekräften. Die ganze Kraft des fließenden Wassers auf Erden ist aber noch nicht $^1/_{800}$ von der Kraft, welche dieses Wasser zu den Wolken aufhob. Und doch ist die Wassermenge, welche die Ströme jährlich dem Meere zuführen, außerordentlich groß. Das sämmtliche fließende Wasser Europas entspricht 300 Millionen Pferdekräften. Der Amazonenstrom und der Mississippi senden allein dem Meere so viel Wasser zu, als die übrigen Ströme der Erde zusammengenommen, und so erscheint der Rhein im Vergleich mit ihnen nur als ein sehr bescheidener Mittelstrom. Er mag Dir daher als Beispiel für die Menge des abfließenden Wassers dienen. Dieser schöne Strom hat oberhalb Basel ein Stromgebiet von etwa 850 Geviertmeilen, und durch ihn sollen in seinem oberen Lauf $^4/_5$, im unteren $^3/_4$ alles Regens, Schnees und Thaus abfließen. Er hat bei Basel zur Zeit seines mittleren Wasserstandes eine Geschwindigkeit von 4,6 Fuß in der Secunde, ein Profil von 6760 Quadratfuß und einen stündlichen Abfluß von 112 Millionen Kubikfuß Wasser, bei Emmerich aber beträgt seine Wassermasse 265 Millionen Kubikfuß, während die Geschwindigkeit um einen Fuß geringer ist. Allein ungeachtet dieser ungeheuren Wassermenge müßten doch alle Ströme der Erde 40000 Jahre lang ihr Wasser in das ausgeschöpfte Becken des Meeres

ausschütten, um es wieder auszufüllen, da das Meer, zu 12000 Fuß mittlerer Tiefe angenommen, fast $2^1/_4$ Billionen Kubikmeilen Wasser enthält.

Neunter Brief.

Verhältniß der Niederschläge zur Temperatur und Niederschlagszonen.

In meinem letzten Briefe beschrieb ich Dir den großen Kreislauf des Wassers, das aus den Meeren und Wasserbehältern des Festlandes fortwährend als Wasserdampf in die Luft aufsteigt und, dort abgekühlt, in den verschiedenen Niederschlagsformen zur Erde fällt, auf welcher es durch die Ströme wieder in den Schooß des Oceans zurückgeführt wird. Die Ströme selbst mit ihren Nebenflüssen spannen Wassernetze über ganze Länder aus, die zu Netzen von Wasserstraßen werden für den binnenländischen Verkehr, und führen zum Meere, diesem Tummelplatze des Muthes und des Wetteifers, jener großen Fahrstraße, welche die Nationen aller Erdtheile durch tausend Fäden mit einander verbindet. Wir ahnen ohne Zweifel mit Recht einen tiefen Plan der Schöpfung in dem Umstande, daß gegen Dreiviertheile der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt sind. Nur so konnte die atmosphärische Luft denjenigen Grad von Feuchtigkeit erlangen, der zum Bestehen und zur Entwickelung alles Organischen und zur Bewässerung und Verbindungserleichterung der Länder und Erdtheile nothwendig ist. Heute gedenke ich Dir zunächst über das Verhältniß der Dampf- und Niederschlagsbildung zur Lufttemperatur zu schreiben, wobei sich ergeben wird, daß in den Erscheinungen, welche uns die Atmosphäre darbietet, ein gegenseitiger Causalnerus waltet, und nichts Ursache ist, was nicht zugleich Wirkung wäre. Durch höhere Wärme wird die Verdunstung vermehrt und durch vermehrte Verdunstung Kälte erzeugt, steigende Kälte läßt das Wasser gefrieren, und bei der Bildung des Eises wird wiederum Wärme frei. Ebenso erzeugt verschiedene Temperatur benachbarter Orte Wind, wie ich Dir bald erklären werde, und die Richtung des Windes ist es, von welcher wieder die Wärme abhängt. Aus diesem Wechselverhältniß er-

klären sich eine Menge Erscheinungen, von denen ich Dir einige anführen will.

Du erinnerst Dich, daß ich gleich Anfangs die freie und gebundene (latente) Wärme unterschieden habe. Die freie, dem Gefühl und Thermometer bemerkbare Wärme, die, wenn sie steigt, die Temperatur erhöht, wird ohne alle Wirkung auf das Thermometer, sobald sie dazu dienen muß, einen Körper aus einem dichten in einen weniger dichten Zustand überzuführen, also Schnee und Eis in Wasser, Wasser in Dampf zu verwandeln. Sie wird bei diesem Vorgange, wie die Wissenschaft sich ausdrückt, gebunden, aber es findet kein Verbrauchen derselben statt, sie wird vielmehr in einer Weise von den Körpertheilchen eingeschlossen und festgehalten, daß sie für das Gefühl und das Thermometer verschwindet, aber beide sofort wieder afficirt, so wie sie entbunden oder frei wird. Dieses Binden und Freiwerden der Wärme ist es nun, welches im Haushalt der Natur eine wichtige Rolle spielt. Wenn Wasser verdunstet, so wird ein bedeutendes Maaß Wärme gebunden. Die Menge der latenten Wärme in den Dämpfen hängt ab von ihrer Temperatur. Die Summe der gebundenen und der auf das Gefühl wirkenden Wärme ist eine bestimmte Größe und beträgt 640° C. im Mittel. Findet daher eine Verdunstung bei 30° C. statt, so werden dabei, da der Dampf nur diese Temperatur annehmen kann, 610° C. gebunden, oder ein Gewicht Wasserdampf von 30° vermag, wenn es sich verdichtet, die Temperatur des 610fachen Gewichtes Wassers um 1° zu erhöhen. Der Boden muß in diesem Falle die 610° Wärme hergeben. Durch die Verdampfung des Wassers in Dämpfe entsteht also eine Temperaturverminderung, durch welche das Verdichten derselben gewissermaßen schon bei ihrem Entstehen eingeleitet wird. Würde umgekehrt bei der Verdichtung des Dampfes keine Wärme frei, so müßte bei starken, plötzlichen Abkühlungen der Luft fast die ganze Wassermasse, welche sich in derselben befindet, als verheerender Wasserguß zur Erde stürzen, während dadurch, daß bei der Bildung der Wolken und des Regens Wärme entbunden wird, eine bedeutende Masse Wasser in Dampf verwandelt werden kann. Beachte nun, was aus diesem Verhältniß folgt. Wenn an klaren, kalten Wintertagen sich der Himmel bewölkt, so ist eine Erhöhung der Temperatur zu bemerken, die um so größer ist, je schneller und stärker die Wolkenbildung vor sich geht, wovon Gefühl und Thermometer uns überzeugen. Der Grund dieser Er-

scheinung liegt theils in der durch die Wolkenbildung gehinderten Wärmeausstrahlung gegen den Weltraum, theils und vorzüglich in der dabei frei gewordenen Wärme. Aus dem gleichen Grunde steigt auch die niedrige Temperatur des mit leichter, hellgrauer Bewölkung überzogenen Winterhimmels, sobald sich die Wolken verdichten, und zwar um so mehr, wenn sich das atmosphärische Wasser in Schnee verwandelt, weil dadurch sehr viel Wärme entbunden wird. Die Schwüle, welche den Gewittern vorangeht, beweist, daß selbst an Sommertagen die Temperatur bedeutend erhöht wird, wenn sich in kurzer Zeit große und zahlreiche Wolkenmassen bilden. Werden dagegen an Sommertagen durch Luftströmungen Wolken herbeigeführt, so findet stets eine Wärmeabnahme statt, selbst wenn sie aus wärmeren Gegenden kommen, weil die Wolken theils die Wirkung der Sonnenstrahlen schwächen, theils bei ihrer Ankunft mehr oder weniger sich wieder in Wasserdampf auflösen, wobei Wärme gebunden wird. Wenn nach einem Regen die Temperatur in der Regel beträchtlich sinkt, so kann dies darin seinen Grund haben, daß eine obere, kältere Luftschicht sich senkt, wie besonders nach Gewittern der Fall zu sein pflegt, meistens aber muß diese Temperaturabnahme der darauf folgenden stärkeren Verdampfung zugeschrieben werden, wobei Wärme latent wird. Vermindert sich nach einem Regen die Temperatur nicht, so deutet dies auf Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit, in welchem Falle eine Verdampfung des Wassers unmöglich und ein abermaliger Niederschlag zu erwarten ist. Wenn es im Sommer mehrere Tage anhaltend in den Alpen regnet, so erwarten die Bewohner heiteres Wetter erst dann, wenn es tief in das Gebirge hinabschneit; denn bei der Verdichtung der Dämpfe in Schnee wird eine größere Menge Wärme entbunden als bei ihrer Verwandlung in Regen. — Temperaturänderungen werden auf zweierlei Art durch Winde hervorgebracht, indem sie entweder die Wärme einer Gegend, aus welcher sie wehen, in eine andere übertragen, was keiner Erläuterung bedarf, oder dadurch, daß sie modificirend auf den Feuchtigkeitszustand der Luft einwirken. Es ist bekannt, daß uns im Winter der Südwestwind mehr Wärme zuführt als manchmal der Südwind, und doch kommt der letztere aus dem heißen, wasserarmen Nordafrika. Warm und trocken, nimmt er auf seinem kurzen Wege über das Mittelmeer Feuchtigkeit auf, welche sich aber bald auflöst und verflüchtigt, wodurch, sowie durch sein Vorrücken in höhere Breiten, eine merkliche Abkühlung desselben herbei-

geführt wird. Der aus den Aequatorialgegenden des atlantischen Meeres kommende Südwestwind ist ebenfalls warm, hat aber während seines langen Laufes über diesen Ocean eine seinem Wärmegrad entsprechende Menge von Wasserdampf aufgenommen, ist also warm und feucht. Bei seinem weiteren Vordringen nach Norden verliert er nun zwar, wie der Südwind, einen Theil seiner Wärme, ersetzt aber seinen Verlust zum Theil dadurch wieder, daß er bei seiner Abkühlung eine gewisse Menge seines Wasserdampfes niederschlägt und also Wärme entbindet. Der Ostwind stammt aus Innerasien und müßte also im Sommer sehr warm sein, weil Innerasien Continentalklima hat. Weil er aber als Landwind nur einen geringen Wassergehalt besitzt, das Wasser aber durch seine Trockenheit und hohe Temperatur zu starker Dampfbildung angeregt wird, so wird dadurch seine Temperatur gemildert. Der Nordostwind streicht über die Ostsee und die wasserreiche Granitplatte Finnlands und des nördlichen Rußlands, wird also verhältnißmäßig mehr Feuchtigkeit aufnehmen als der Nordwind. Gelangt er mehr südwärts, so wird diese Feuchtigkeit verdunstet, und die Wärme, welche dabei gebunden wird, wird der Luft entzogen. Hierin werden wir wohl den Grund zu suchen haben, warum für uns der Nordostwind kälter ist als der Nordwind. — Die Morgenfrische endlich und die oft empfindliche Kälte bei Sonnenaufgang, die den Thaufall vermehrt, haben wir nicht allein der vom Untergang bis zum Aufgang der Sonne ohne Ersatz bleibenden Wärmeausstrahlung des Bodens zuzuschreiben, sondern eben so sehr dem Umstande, daß bei Sonnenaufgang die Erdoberfläche mit viel Feuchtigkeit getränkt ist; durch die Sonnenstrahlen schnell verflüchtigt, erfolgt ein starkes Binden von Wärme, welche bei den noch schräg auffallenden Sonnenstrahlen nicht durch die Erde ersetzt werden kann.

So leuchtet aus allen diesen Erscheinungen ein, daß unsere Erde bei ihren anderweitigen jetzigen Temperaturverhältnissen es dem Einfluß der latenten Wärme in einem vorzüglichen Grade zu verdanken hat, daß sie der Vegetation fähig und der Wohnsitz lebender Wesen ist. Wenn durch höhere Wärme der Verdunstungsprozeß befördert und dadurch der Erde ein Theil ihrer Wärme entzogen, unserem Sinne gleichsam entrückt wird, so ist dadurch die Verdichtung des Wassergases schon vorbereitet und eingeleitet, um die lebenerzeugende Kraft der Wärme wieder ihrem gewohnten Einflusse auf das organische Leben zurückzugeben.

Man überläßt sich oft der Täuschung, daß dasjenige auch geringfügig und unbedeutend sei, was unbemerkt und ohne Aufwand augenfälliger Mittel im Stillen wirkt, und dennoch sind es die Wirkungen solcher einfachen, aber so unendlich folgenreicher Naturgesetze, welche mehr als irgend etwas geeignet sind, die Weisheit jener göttlichen Kraft erkennen zu lassen, von deren Wirksamkeit die ganze Natur erfüllt ist, welche selbst nur der Abglanz dieser ewig waltenden, uns überall umgebenden Macht ist.

Es muß Dir aus meinen letzten Mittheilungen klar geworden sein, daß Erde und Meer in eine innigere Beziehung zu einander nur dadurch treten können, daß die Atmosphäre die geschickte Vermittlerin zwischen ihnen macht, und daß besonders die Winde die Wege sind, auf denen zwischen den beiden so ungleichen Elementen eine Vereinigung zu Stande kommt, welche zur Quelle des Segens wird. Wenn es sich aus dem Früheren ergeben hat, daß die Temperaturverhältnisse den wesentlichsten Einfluß ausüben auf das Klima einer Gegend, dergestalt, daß man sehr oft unter Klima nur diese zu verstehen pflegt; so siehst Du wohl, daß auch die verschiedenen atmosphärischen Niederschläge eine wichtige Rolle im Klima einer Gegend zu übernehmen bestimmt sind. Hierüber noch einige Bemerkungen.

Wann zwischen dem Dampfgehalt der Luft und ihrer Temperatur ein gewisses Gleichgewicht herrscht, welches die Luft nicht zur Sättigung mit Dampf gelangen läßt, so sind dies die Zeiten der Heiterkeit, oder wenigstens des Nichtregnens selbst bei bewölktem Himmel. Daneben gibt es Regenzeiten, welche auf dem Uebergewicht entweder des Wassergehaltes oder der Abkühlung beruhen. Daraus erklären sich die Jahreszeitenregen, welche in den Tropen Sommerregen, in den subtropischen Ländern Winterregen, in den mittleren Breiten Herbstregen sind, deren Polargrenze bei uns am Nordfuß der Alpen hinzieht. Die Sommerregen sind im Inneren der heißen Zone regelmäßige tägliche Gewitterregen, weil die Luft zur Zeit des senkrechten Sonnenstandes durch die überwiegende Verdampfung zur Sättigung kommt, so daß, bei dem hier ununterbrochen aufsteigenden, starken Luftstrom, in den höheren Regionen gewitterbildende Niederschläge erfolgen müssen, wogegen im Tropenwinter jenes Gleichgewicht herrscht, das keine Sättigung der Luft zuläßt. In den subtropischen Ländern ist die Sommertemperatur von der Art, daß sie die Sättigung der Luft verhindert, im Winter aber

die Abkühlung schon so groß, daß der Dampfgehalt der Luft, der durch die herrschenden Südwestwinde noch vermehrt wird, sich mit ihr nicht verträgt. In Italien sind die Winterregen vorherrschend; vergleicht man aber statt der Regentage die Regenmenge, so zeigt es sich, daß im Herbst mehr niederfällt als im Winter. Italien macht also den Uebergang zum mittleren Europa, wo die regelmäßige Abkühlung der Luft schon vor dem Winter eintritt, und der Winterregen in den Herbstregen übergeht. — Die bekannte, nach den Niederschlägen im Niveau des Meeres durchgeführte Oberflächeneintheilung der Erde, welche nahe dieselbe ist, wie die auf die Temperatur bezogene, unterscheidet die Zonen des Regens, des veränderlichen Niederschlags und des Schnees. Die Aequatorialgrenze des Schnees durchschneidet das Mittelmeer, wo, wenn auch als Seltenheit, der Schnee noch unter 35° vorkommt. Mit der Wärme, als der Hauptursache der Dampfbildung, nimmt auch die jährliche Regenmenge ab, mithin in der Richtung von Süden nach Norden, und weil das Meer eine außerordentlich große Menge von Wasserdampf entwickelt, und zwischen Land und Meer ein größerer Wechsel der Wärme und des Windes stattfindet, als zwischen ebenen Ländern, so nimmt die Regenmenge überall von den Küsten gegen das Innere der Continente, in Europa also von Westen nach Osten ab. Sie ist daher an den Westküsten Frankreichs größer als im östlichen Frankreich und reichlich noch einmal so groß als in Rußland. In nördlicher Richtung beträgt ste in den Gestadeländern der Nord- und Ostsee kaum Zweidrittheile von derjenigen in Italien, welche nur halb so groß ist, als die der heißen Zone. Dagegen vermindert sich die mittlere Zahl der jährlichen Regentage in Europa in der Richtung nach Süden, sie ist in der Lombardei 88, in Nordfrankreich und Belgien 152, in Holland 170, in umgekehrter Richtung nimmt aber die Zahl der Schneetage zu. — Das Wasser, welches die tropische Atmosphäre in sich trägt, verursacht nicht nur in der heftigen Regenzeit der heißen Zone jene großartigen, gewaltigen Regenschauer, sondern es ist in derselben auch zu jeder Zeit in der Form des Wassergases in sehr beträchtlicher Menge vorhanden. Sie entspricht genau der großen tropischen Hitze, welche das Vermögen und die Begierde der Atmosphäre, Wasserdampf in sich zu verschlucken, gewaltig vergrößert. Selbst bei wolkenfreiem, reinstem Himmel ist die Luft dort stark mit diesem durchsichtigen Wasserdampfe erfüllt. Und gerade dieses fein vertheilte unsichtbare Wasser ist es, wel-

ches die Pflanzen mit Hülfe ihrer Blätter einathmen, und wodurch die gesammte Vegetation der Tropenwelt sich einen so großartigen Charakter üppiger Fülle und riesiger Dimensionen aneignen kann. Dagegen ist in unseren gemäßigten Klimaten die von der Atmosphäre getragene Wassermenge viel geringer als in der heißen Zone. Unsere Vegetation kann daher den Mangel an Regen auch nicht auf eine so lange Dauer ertragen, wie dies in den Tropenländern der Fall ist. Eben so geben die einzelnen Regen bei uns nie eine solche Wassermenge, wie die Regengüsse der Tropen, und es muß auch in dieser Hinsicht eine öftere Wiederholung zu ersetzen trachten, was mit Einemmale zu geben nicht möglich war. Dies geschieht dadurch, daß die atmosphärischen Niederschläge unserer Zone, der Vegetation und den Bedürfnissen aller organischen Wesen entsprechend, ziemlich gleichmäßig auf das ganze Jahr vertheilt sind. In Europa können daher die Gegenden vom 45° bis etwa zum 60° der Breite als eine Zone gleichvertheilter Regen bezeichnet werden. Aller Regen und Schnee, welcher in der nördlichen gemäßigten Zone niederfällt, würde aber, wenn er nicht abflösse und verdunstete, jährlich im Durchschnitt nur eine 35 pariser Zoll hohe Wasserschicht bilden, während die Tropen der alten Welt eine jährliche Regenmenge von 77, die von Amerika eine solche von 115 Zoll haben.

Die Schweiz liegt in der Zone des veränderlichen Niederschlags, der in den Alpen sehr beträchtlich ist. Wo die Alpen im Norden von Italien einen großen Halbkreis bilden, stürzen sich die vom mittelländischen und atlantischen Meere kommenden warmen und feuchten Südwestwinde wie in einen Trichter. Noch ehe sie über die wolkenhohen Schneegipfel gelangt sind, werden sie zur Ablieferung ihrer mitgebrachten Wasserschätze veranlaßt, weil sie einen Theil ihrer Wärme verlieren und gezwungen sind, den überschüssigen, mit der erniedrigten Temperatur unverträglichen Wasserdampf niederzuschlagen. Es fallen daher häufige und starke Regen auf die südlichen Alpenhänge und in ihre Thäler. Man hat gefunden, daß in der lombardischen Ebene zwischen den Alpen und dem Po die durchschnittliche jährliche Regenmenge 36 Zoll beträgt, am südlichen Fuß und in den inneren Thälern der Alpen über 54 Zoll. Die Regenmenge in einer gewissen Höhe des Gebirges übertrifft noch diejenige der Alpen; auf dem großen St. Bernhard zählt man nach siebenjährigem Durchschnitt 73 Zoll und 107 Regentage. Die angegebenen Werthe würden ohne Zweifel noch größer werden, wenn die

Seewinde zuerst von den Alpen in Empfang genommen würden, und jene nicht vorher schon einen Theil ihrer Feuchtigkeit an den nördlichen Apennin, an welchem die jährliche Regenmenge 60 Zoll betragen soll, abgegeben hätten. An der Nordseite der Alpen ist die Regenmenge 33 bis 35 Zoll, und wenn auf der Südseite die Zahl der Regentage auf etwa 90 steigt, so beläuft sie sich am Nordabhang auf etwa 120. Zürich hat 32, Genf 28 und Bern sogar 42 Zoll Regen; in Genf zählt man 103 Regentage. Im mittleren Rheinthal und auf der süddeutschen Hochebene steigt die jährliche Regenmenge durchschnittlich nur auf etwa 24 bis 25 Zoll. Nur ein Theil der östlichen Alpen übertrifft in Beziehung auf die Regenmenge unsere Alpen. Der Einfluß der Gebirge ist überhaupt beträchtlicher als selbst derjenige naher Meere. Bloße Hügelzüge verursachen in ihrer Nähe eine oft starke Vermehrung der jährlichen Niederschläge, um so mehr nehmen sie in der Umgebung und im Inneren größerer Gebirgssysteme zu. Was ich Dir als Ursache für die Anhäufung von Nebeln und Wolken an den Gebirgsgipfeln bezeichnet habe, ist es im Allgemeinen auch für diese Vermehrung der Niederschläge, sie muß aber vorzüglich in der großen Ungleichheit der Lufttemperatur an sonnigen und schattigen Stellen, über erhitzten Weideplätzen und über Schneemassen, und in der häufigen Mischung dieser ungleich erwärmten Luftmassen gesucht werden. Die Regen, welche durch die niederschlagwirkende Abkühlung der Alpen entstehen, können sich bald über die ganze Schweiz ausdehnen, bald bleiben sie mehrentheils auf das Alpengebiet, oder auch nur auf den Südabhang der Alpen beschränkt. Manchmal werden Regenwolken, welche sich noch nicht alles überschüssigen Wasserdampfes entladen haben, vom Winde gegen die Alpen getrieben und in ihrem Zuge von denselben aufgehalten; dann regnet es oft noch längere Zeit im Gebirge, wenn sich das Wetter in der Niederung schon aufgeheitert hat, und die Dauer dieses Regens wird abhängen theils von der Menge des überschüssigen Wasserdampfes, theils vom Grad der Abkühlung, den die Wolken in den Alpen erleiden. Nicht umsonst ist der Regenschirm der treue Begleiter der Alpenbewohner, und eben diese klimatische Natur des Landes ist auch die Ursache, daß man in manchen Gegenden die Dächer so weit vorspringen läßt.

Aber nicht nur die Bodengestaltung, sondern auch die Winde üben bekanntlich auf die atmosphärischen Niederschläge einen mächtigen Einfluß aus, die Witterung ist eine andere, je nach dem Dampfgehalt der

Winde. Strömen feuchte Winde in kältere Gegenden, so bringen sie denselben je nach der Jahreszeit Regen oder Schnee, während trockene Winde, die eine höhere Temperatur annehmen, den Himmel aufheitern, weil sie viel Dampf aufnehmen. Unter den Winden spielt bei uns der Föhn eine bedeutende Rolle. Als heißer Luftstrom aus der Sahara aufsteigend, breitet er sich nach Norden aus und verhindert in den südlichen Ländern den Niederschlag während des Sommers; sowie er sich aber weiter nach Norden bewegt, werden durch die gebirgige Beschaffenheit des Bodens partielle Ströme erzeugt, jener heiße Luftstrom wird unwirksamer und die Verdichtung des Dampfes erfolgt leichter. Das Rhonethal in Frankreich zeigt diese allmälige Aenderung des Klimas schon auf entschiedene Art und die Spuren dieser Einwirkung des afrikanischen Windes erkennt man bis gegen den Bodensee hin. Wenn der Nordost über den Föhn die Oberhand gewinnt, so erfolgt, wie dies in der ersten Zeit des Wechsels des Windes oft der Fall zu sein pflegt, gemeiniglich Regen, auf dem Gebirge Schnee, die Luft kühlt sich ab, das Barometer steigt, und es tritt schönes Wetter mit reichlichem Thaufall ein. Dringt der Föhn in den Nordost ein, so überzieht sich anfangs häufig der Himmel mit Wolken und es erfolgt Regen, weil sich zwei Luftmassen von ungleicher Temperatur und Feuchtigkeit mit einander gemischt haben. Allein wenn es bei nordöstlichen Winden regnet, zeigt sich meistens ein bedeutender Unterschied zwischen diesen Niederschlägen und denen des Föhns. Denn wenn Nordostwinde plötzlich vordringen, so sinkt die Temperatur schnell und das Wasser fällt dicht und in großen Tropfen herab; regnet es dagegen bei Föhn, so ist der Regen meistens fein und hält längere Zeit an. Schlägt der Südwest in West um, so ist es bekannt genug, daß uns derselbe allemal Regen bringt.

Zehnter Brief.

Gletscher.

Ich komme heute auf eines der merkwürdigsten Erzeugnisse des meteorischen Wassers, auf die Gletscher, zu sprechen, die sich durch einen einfachen Umgestaltungsprozeß aus dem ewigen Schnee bilden. An unsern Alpen ziehen sie in manchen Gegenden bis fast 3000 Fuß Höhe hinab, wo das Gebirge von der Höhenisotherme von 5° geschnitten wird. Während im Kaukasus und in den Pyrenäen die Gletscherbildung nicht bedeutend hervortritt, ist sie in größter Mannigfaltigkeit im Herzen der gemäßigten Zone, in den Alpen, entwickelt, so daß sich hier in gleicher Entfernung vom Aequator und Pol die Erscheinungen der kalten Zone, wo die Gletscher ihre größte Entwickelung erreichen, wiederholen. Vom Montblanc bis zum Großglockner in Tyrol werden 8 große Gletscherreviere gezählt und über 400 Gletscher. In unseren Alpen nehmen sie einen Raum von beinahe 50 Geviertmeilen ein. Wenn man sich den Hochthälern der Alpen nähert, so weißt Du aus eigener Erfahrung, daß man in meistens enge, wilde und unwegsame Felsschluchten gelangt, in denen der Bach über Felsblöcke hinrauscht und die Gebirgswasser in schönen Wasserfällen über die Thalwände stürzen. Bleiben diese Thäler innerhalb der Schneeregion, so füllen sie sich mit Firn- und Eismassen und senden gewöhnlich mächtige Gletscher hinab in das untere Thal, wo sie Eispforten an Waldungen und blumige Wiesen hinbauen, und dem kühnen Gemsjäger oder dem neugierigen Reisenden durch Ausfüllen unnahbarer Schluchten Pfade auf die Eismeere und zu den höchsten Gipfeln bahnen. Trübe, aber wasserreiche Bäche, die letzten Quellen und die nie versiegende Nahrung der großen Ströme des Hochgebirges, entfließen denselben das ganze Jahr, doch im Sommer in reicherem Schwall, unseren Seen zu.

Ihren äußeren Verhältnissen nach theilt Studer die Gletscher in drei Klassen ein, in Firngletscher, welche größtentheils vom Firn bedeckt sind und an den höheren, meist steilen Gebirgswänden hängen, in Thalgletscher, welche in den Thalgründen liegen, die sich aus der höheren Schneeregion in die Tiefe ziehen, endlich in Jochgletscher, die auf die Gebirgsjoche steigen, horizontal auf diesen liegen und am

anderen Abhang wieder abwärts biegen, wie der Err- und Arrollogletscher, die des Matterjoches und Griespasses. Außerdem sind ausgedehnte Eismassen, welche sich vom Gletschereise nicht unterscheiden, auf den höchsten Alpengipfeln gefunden worden, woraus zu schließen ist, daß nicht klimatische Verhältnisse, sondern die Art der Bodengestaltung der Entstehung von Gletschern in diesen Höhen entgegenwirkt. In unseren Alpen liegen die Gletscher zwischen den Höhenisothermen von -8^0 und $+5^0$, oder zwischen 12,000 und 3135 Fuß (Monte Rosa und unterer Grindelwaldgletscher). Natürlich bilden sie sich nur unter einer mittleren Temperatur, die unter dem Gefrierpunkt steht, aber nicht überall finden sich Gletscher, wo die Mitteltemperatur negativ ist, denn ein steiler Felsabsturz wird nie einen Gletscher tragen, da zu dessen Bildung Schnee gehört. Auf der anderen Seite ist nicht überall, wo man Gletscher findet, die Durchschnittstemperatur unter Null, denn viele ziehen sich, wie ich schon bemerkt habe, oft tief unter die Grenze der beständigen Schneebedeckung; im Thal von Grindelwald hat die Schneelinie eine Höhe von 8000 Fuß und der untere von den beiden Gletschern endigt 5000 Fuß tiefer. Am meisten wird die Gletscherbildung begünstigt, wenn mehrere hohe Gebirgsstöcke nahe bei einander liegen, wie Jungfrau, Eiger und Mönch, oder Gornerhorn, Monte Rosa und Lyskamm, oder Montblanc, Aeguille du Midi, Aeguille du Géant und Verte. Dann sind Felsenspitzen und Hochthäler mit Eis bedeckt. Unter diesen Umständen bilden sich die Eismeere, die aus einer zusammenhängenden Masse von Eis bestehen, aus welcher die Felshörner emporragen und von denen Thalgletscher in die tieferen Regionen hinabsteigen. Das Gletschereis besteht aus verschieden großen, meist eckigen Eiskörnern, die sich an der äußeren Oberfläche und im oberen Theile des Gletschers, in der Nähe des Firns, von einander trennen lassen. Der Firn selbst (névé) ist eine körnige, locker verbundene Schneemasse, die alle Uebergänge von undurchsichtigen Schneekörnern bis zu durchscheinendem festen Eise zeigt. In den größten Höhen fällt der Schnee in der Regel krystallinisch in feinen Nadeln und Sternchen, und die Körner, welche der fallende Schnee oft zeigt, entstehen nur durch loses Zusammenballen dieser Nadeln. Die homogenen runden Körner aber, wie der Firn sie darbietet, fallen nicht aus der Luft, sie sind eine Umwandlungsform der Krystalle, welche dadurch entsteht, daß sich durch Schmelz- oder Regenwasser in dem Schnee kleine Wasserströmchen bilden, welche, in der

Masse sich hin- und herwindend, die Eisnadeln abschleifen, zusammenbacken und anfangs unregelmäßige eckige Formen bedingen, denen man die Zusammensetzung aus Nadeln noch ansieht. Später verschwindet auch dieser letzte Rest und es bleiben nur gleichförmig runde und homogene Körner. Die Farbe des Firns ist weiß; aber man findet am Fuß von schneebedeckten Abhängen, und nie über 8800 bis 8900 Fuß, schön roth gefärbte Stellen. Die rothe färbende Masse liegt in den Zwischenräumen der Körner und dringt bis zu einigen Zollen, zuweilen selbst bis zu einem Fuß Tiefe in den Schnee. Wird dieser gefärbte Firn geschmolzen, so erscheint der Bodensatz unter dem Mikroskope unter verschiedenen Gestalten und Formen, es sind theils Pflanzen, theils Thiere, letztere in lebhaftester Bewegung. Diese Erscheinung wurde früher wenig beachtet, bis Roß auf seiner ersten Reise nach den Polargegenden ganz dasselbe an der Baffinsbai sah und die allgemeine Aufmerksamkeit darauf richtete. Die mikroskopischen Untersuchungen haben gezeigt, daß unter den Pflänzchen jene Discerea nivalis (früher Protococcus) vorkommt, die ich schon früher erwähnt habe. Während die Wärme sonst eine Grundbedingung des Lebens ist, so sehen wir hier die Mutterthätigkeit der Erde mitten im Schnee dieser kalten Höhen ein reges kleinstes Leben in mannigfachen Pflanzen- und Thierformen hervorbringen, welches so außerordentlich empfindlich gegen die Wärme ist, daß es erlischt, sowie die Temperatur einige Grade über Null erhoben wird.

In Folge eines merkwürdigen Umwandlungsprozesses entsteht aus dem Firn theils durch großen Druck und höhere Temperatur, theils und vornehmlich durch Einsickerung des Regens und des durch die Sonnenstrahlung erzeugten Schmelzwassers, sowie durch nachheriges Gefrieren desselben, welches sich in diesen Regionen den ganzen Sommer hindurch wiederholt, ein zähes, mit Luftbläschen durchwebtes und daher unvollkommen durchsichtiges Eis, dessen obere Schichten, seinem Ursprunge gemäß, körniges Gefüge wahrnehmen lassen, während die unteren, die unter einem großen Drucke stehen, in muscheligen Schalen brechen und kein Korn mehr zeigen. Geschichtet sind alle diese Massen und zeigen Schichten von 3 bis 6 Fuß Mächtigkeit. Jede Schicht scheint der Schneemenge eines Jahres zu entsprechen. Die Umwandlung des Schnees in den körnigen Firn, in Firneis und Gletschereis verwischt diese Schichtung nicht. Die Firnfelder sind also die Wiege der thalwärts absteigenden Gletscher, sie verhalten sich zu denselben wie Seen

zu ihren Ausflüssen, denn die Gletscher tragen den Schnee des Hochgebirges zu Thal und erzeugen jene ewigen Quellen, denen die Alpenströme ihren Ursprung verdanken. Die Gletscher verlangen zu ihrem Entstehen abwechselnde Gegensätze der Temperatur, wie sie die Alpen zeigen, auch darf die Luft nicht so trocken sein, daß sie eher die Umwandlung des Schnees in Dampf als in Wasser begünstigt. Diese Bedingungen sind in den Anden Perus nicht vorhanden, daher sie keine Gletscher haben. Der Firn kann sich nur in Eis verwandeln, wenn Wasser hinzutritt. Das Wasser kommt entweder von der Schmelzung der Firnoberfläche, oder vom Regen. Da es nun im Sommer nicht selten in Höhen von 10,000 Fuß regnet, und da, wo es regnet, die Sonne den Firn auch muß schmelzen können, so findet man Eis auf den höchsten Bergen der Alpen. So wenig aber ohne Zuthun von Wasser der Firn sich in Gletschereis verwandelt, eben so unmöglich ist die Bildung desselben aus reinem Wasser ohne Firnmasse. Dies ist es eben, was das Gletschereis so sehr von dem gewöhnlichen Eise unserer Gewässer auszeichnet. Auffallend zeigt sich dieser Unterschied besonders an den kleinen Wasserbächen, welche bei Tage auf allen Seiten von den Gletschern herabrieseln; über Nacht erstarren sie alle zu Eis, das sich vom Gletschereis deutlich unterscheidet. Während die Oberfläche des letzteren körnig und rauh ist, was das Gehen auf demselben erleichtert, so ist das tiefere, festere Eis voll von feinen Haarspalten, die ebenfalls seinen Ursprung aus Firn beweisen. Die Höhe der Grenzlinie zwischen dem Firn und dem eigentlichen Gletschereis ist bei 7800, 8000 und 10,000 Fuß; der Uebergang geschieht nur allmälig und wahrscheinlich beginnt das eigentliche Gletschereis allemal da, wo wir die Schuttlinien beginnen sehen, weil nur das festere Eis, nicht aber der lockere Firn Steinblöcke von einem gewissen Gewicht zu tragen vermag.

Der Gletscher bildet eine meist flache ununterbrochene Masse, wo er auf einem gleichförmigen Grunde aufliegt, wo aber der Grund uneben ist oder steil abfällt, da spaltet sich die Eismasse vertical, oft dicht hinter einander und meist in die Quere. Die Breite der Spalten beträgt häufig einen bis mehrere Fuß, bisweilen auch nur wenige Linien, und manchmal erweitern sich die Spalten zu Abgründen, die, wenn sie nicht mit Schnee überlagert sind, umgangen werden müssen oder nur auf künstlichen Brücken zu überschreiten sind. Ihre Länge mißt von nur wenigen Klaftern bis eine halbe Stunde, und ihre Tiefe kann bis auf

den Felsgrund hinabgehen. In eine solche Spalte fiel Chr. Boren, Wirth zu Grindelwald, sie war 364 Fuß tief, und er kam nur dadurch wieder an's Tageslicht, daß er 396 Schritte aufwärts kroch im Bette des Weißbachs bis dahin, wo dieser am Wetterhorn in den Gletscher floß. Jene auffallenden Eiszacken, die man mit Pyramiden und Obelisken verglichen hat, entstehen aus der theilweisen Zerstörung der Zwischenwände dicht gedrängter Spalten. Uebrigens ist die Oberfläche der Gletscher ungemein veränderlich; wo man früher tiefe Trichter und Wasserbecken sah, erblickt man später ebene Flächen, und wo vordem Spalten den Uebergang unmöglich machten, da tritt heute der Fuß mit Sicherheit auf; oft genügt ein Jahr, um der Oberfläche eine andere Gestalt zu geben.

Die Ausdehnung der Gletschermasse ist sehr verschieden; sie kann von einigen hundert Quadratfuß bis viele Quadratmeilen betragen. Gegen den unteren Rand hin werden sie schmäler, und mancher Gletscher, der in seinem oberen Theile eine Stunde und mehr Breite hat, ist an seinem unteren Ende kaum 500 bis 600 Fuß breit. Ihre Dicke steigt oft auf viele hundert Fuß an, ist aber am unteren Theile geringer, besonders wenn der Gletscher tief in's Thal hinabsteigt. Der Unteraargletscher, einer der größten in der Schweiz, hat am unteren Ende über 100 und in der Mitte seiner Längenausdehnung über 800 Fuß Dicke. Oft verläßt der Gletscherbach die Eismasse durch ein Thor, d. h. eine geräumige Wölbung am Fuß des Vorderrandes. Zuweilen zeigen sich neben dem Hauptthor in der Mitte mehrere Seitenthore, die aber stets weniger geräumig sind, als die Hauptwölbung. Doch haben nicht alle Thalgletscher solche Gewölbformen.

Ich habe schon bemerkt, daß im Sommer kleinere und größere Bäche in großer Menge auf dem Eise herabrieseln und sich in Spalten und Löcher stürzen. Sorgfältige Beobachtungen ergaben bei einer mittleren Temperatur von 3° bis 4° eine tägliche Abschmelzung von 40^{mm} bis 45^{mm} und im Maximum 65^{mm} bis 70^{mm}. Sie steigt in heißen Sommern noch höher und ist natürlich auf den unteren Stationen bedeutender als auf den oberen. Die Eisschicht, welche während der 4 wärmeren Monate abschmilzt, kann 5 bis 10 Meter betragen. Das Abschmelzen wird befördert durch kleinere Steine, Sand und Erde, welche das rieselnde Wasser zusammenschwemmt. Der Sonne ausgesetzt, nehmen diese undurchsichtigen Körper mehr Wärme auf, als das

sie umgebende Eis, und verursachen durch Schmelzen desselben kleine Vertiefungen, Trichter. Das Wasser, das sich darin ansammelt, setzt das Schmelzen fort, wenn jene Körper von den Sonnenstrahlen nicht mehr erreicht werden, weil die über 0° erwärmte oberste Wasserschicht in die Tiefe sinkt. So vergrößert sich der Trichter und manchmal findet das Wasser einen Ausweg nach unten und fließt zum Gletscherbach ab. Umgekehrt haben große, dicke Steine, welche in der kurzen Zeit, da die Sonnenstrahlen auffallen, nicht durch und durch erwärmt werden, die sogenannten Gletschertische zur Folge. Diese Steine schützen das unter ihnen befindliche Eis vor dem Aufthauen, während das Eis daneben täglich abschmilzt. So bleibt unter dem Stein ein Eisstiel stehen, der so lange wächst und immer dünner wird, bis er den Stein nicht mehr zu tragen vermag. Auch die größeren Schuttlinien liegen meist auf einer Eisbank von beträchtlicher Höhe, und um diese Bänke, wie um jene Eisstiele, schmilzt die Gletscherfläche, besonders auf der Südseite, tiefer ab, als in größerem Abstand, und nicht selten erheben sich die Gletschertische aus bassinartigen Vertiefungen. Dies rührt von der ausstrahlenden Wärme der Steine her, welche längere Zeit wirkt als die Sonnenstrahlung, oder daher, daß die dunkle Wärme secundärer Wärmequellen in stärkerem Verhältniß absorbirt wird als die leuchtende. — Die Abschmelzung des Eises bewirkt auch, daß die Gletscheroberfläche mehr oder weniger gewölbt und gegen die einschließenden Thalwände abschüssig ist, was ganz einfach von der Ausstrahlung und dem Reflex der Wärmestrahlen an den Felswänden herkommt. Je schmaler der Gletscher, desto geneigter sind seine Seiten. Einen bedeutenden Einfluß übt die größere oder geringere Steilheit der Thalwände, die Beschaffenheit und Farbe ihres Gesteins und vor Allem die Richtung des Thales aus. Geht diese von Süden nach Norden, so ist die Wölbung des Gletschers auf beiden Seiten beinahe gleich; anders verhält sich dagegen die Sache, wenn das Thal von Westen nach Osten streicht. Die nördliche Thalwand, welche den ganzen Tag über von der Sonne beschienen wird, reflectirt dann die Wärmestrahlen mit ungleich größerer Wirkung auf den Gletscher und die entsprechende Seite desselben erhält einen starken Fall; ja zuweilen zieht sie sich so weit von der Thalwand zurück, daß große eisleere Strecken bleiben. Auf der Südseite hingegen ist in diesem Falle die Neigung kaum bemerkbar, da die Thalwand hier den Gletscher selbst vor dem directen Einfluß der Sonnenstrahlen schützt.

Mächtige Schuttwälle auf den Seiten der Gletscher üben oft einen ganz ähnlichen Einfluß.

Das Abschmelzen findet nicht nur an der Oberfläche, sondern auch an der Grundfläche der Gletscher statt. Diese Abschmelzung muß natürlich bei allen Gletschern eintreten, welche unter die Höhenisothermfläche von 0° hinabgehen; denn nicht nur ist dort die Bodentemperatur über Null, sondern es strömt auch von allen Seiten Wärme herzu, und man sollte in dieser Höhe nicht einmal mehr Gletschereis erwarten. Allein der größte Theil der Wärme, die zuströmt, wird durch das Schmelzen des Eises gebunden und das geschmolzene Eis erhält durch das Vorrücken der Gletschermasse einen fortdauernden Ersatz. Auch unter solchen Gletschern, welche nicht in eine Tiefe hinabgehen, wo die Bodentemperatur unter Null ist, findet eine Schmelzung an ihrer Grundfläche statt, denn die mächtigen Wasserströme, welche unter ihnen hervortreten, beweisen weit fortsetzende Kanäle und Höhlungen, ebenso die merkbaren Einsenkungen, welche öfters gegen die Mitte der Gletscher hin, besonders nach heißen Sommern oder lange anhaltenden warmen Regen, beobachtet werden. Zum Abschmelzen der Grundfläche solcher Gletscher tragen bei: Quellen, die aus einer größeren Tiefe kommen und eine erhöhte Temperatur mit sich führen, starke Bäche, die sich unter einem Gletscher verlieren, endlich Luftströmungen in den Kanälen, welche mit den sogenannten Wetterzügen in den Bergwerken sich vergleichen lassen, indem sie aus derselben Ursache, aus dem Dichtigkeitsunterschied der äußeren und der inneren Luft entstehen. Es wird im Sommer aus der unteren Oeffnung eines solchen Kanals beständig Luft ausströmen, wie man dies an dem beständig kalten Luftzug aus den Gletscherthoren sieht, welcher um so stärker ist, je höher die Temperatur der äußeren Luft ist, daher Nachmittags derselbe sich am stärksten zeigt, Nachts schwächer wird und mit anbrechendem Morgen fast ganz aufhört. Durch die vielen Gletscherspalten muß daher beständig warme Luft einströmen, welche unter allen Umständen einen bedeutenden Antheil an der Abschmelzung der Gletschergrundfläche, sowie an der Erwärmung der Gletscherbäche nehmen wird. Man hat daher auch in den Kanälen das Eis der Decke stets triefend gefunden. — Die stärkste Eisschmelzung findet am Vorderrand des Gletschers statt. Man schätzt dieselbe am Aargletscher auf wenigstens 80 Fuß jährlich, am Gletscher des Montanvert auf 200 und auf demjenigen des Bossons auf 450 Fuß.

In allen seinen Theilen ist der Gletscher von flüssigem Wasser durchdrungen, welches durch die feinen Haarspalten die ganze Masse durchsetzt. Diese Infiltration des flüssigen Wassers trägt zur Gletscherbewegung bei, denn die ganze Eismasse bewegt sich langsam ihrem vorderen Rande zu, und zwar das ganze Jahr ohne Unterbrechung. Allein die Bewegung schreitet schneller vor am Tage als in der Nacht, schneller im Sommer als im Winter, sie wird befördert durch warme Regen, verzögert durch Schneebedeckung. Offenbar also wird die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung befördert durch eine höhere äußere Temperatur, überhaupt durch jede Ursache, welche die Wassermenge im Inneren der Gletscher vermehrt, sie wird verzögert durch eine niedrigere Temperatur und jeden Umstand, der diese Wassermenge vermindert. Die Hauptbewegung einer Gletschermasse folgt allen Krümmungen des Thales, in dem er nach unten vorschreitet, doch verbreitet sich die Eismasse bei beträchtlichen Thalerweiterungen nicht in demselben Verhältniß, sondern folgt größtentheils der Richtung des größten Drucks. Die Geschwindigkeit des Gletschers ist aber nicht in allen Theilen seiner Masse gleich, sie ist größer im oberen, geringer im unteren Gletscher und zeigt eine beträchtliche Abnahme von der Mitte nach dem Rande zu. Doch ist auch ein größeres Fortschreiten am unteren als am oberen Gletscher beobachtet worden. Ebenso beobachtete man an einzelnen Gletschern eine schwächere Bewegung in Thalerweiterungen, als da, wo der Gletscher enger zusammengedrängt ist. Die jährliche Bewegung des Aargletschers beträgt, nach Agassiz, 220 Fuß, diejenige des Bossons, nach Forbes, oben 600, unten 547 Fuß. Die gegenwärtig über die Bewegung der Gletscher herrschende, von dem schottischen Physiker Forbes festgestellte Ansicht nimmt an, daß die Gletscher sich nach denselben Gesetzen wie Flüssigkeiten bewegen, zwar nicht wie Wasser, aber wie eine zähe Flüssigkeit, oder überhaupt wie eine Masse, welche in ihren Theilen verschiebbar ist, was eben im Begriff des Flüssigen liegt. Mit dieser Ansicht stimmt gut zusammen, daß die Bewegung eine stetige und mit der Thallinie parallel ist, daß der mittlere Gletscher schneller fortrückt als der Rand, daß zusammenstoßende Gletscher verschmelzen und die Geschwindigkeit von der Breite des Thalprofils abhängig ist. — Die Gletscherbewegung gibt sich ganz deutlich an den Schuttwällen zu erkennen, die über die Gletscheroberfläche in langen Linien hinziehen, und Gandecken, Moränen oder Guferlinien (Gufer = Felsschutt)

heißen. Sie bestehen aus Grus, Steinen und Blöcken, welche vom Gletscher getragen und vorwärts bewegt werden. Ihre Entstehung ist sehr einfach. Durch Abwechselung von Frost und Wärme, durch Lawinen und andere Ursachen werden an den steilen Thalgehängen Felsblöcke und Schutt gelockert und hinabgestürzt; dieser Schutt bleibt größtentheils auf dem Rande des Gletschers liegen. Wenn sich nun der Gletscher nicht thalwärts bewegte, so müßten sich vereinzelte Schutthaufen bilden, die durch nachfallende Felsstücke beständig größer würden. Allein dieser Schutt bildet an beiden Seiten des Gletschers zusammenhängende Schuttwälle, Seitengandecken, und dies setzt nothwendig voraus, daß immer neue Stellen des Gletschers unter die Orte kommen, wo Schuttmassen herabfallen, d. h. daß sich der Gletscher thalwärts bewegt. Noch ein anderer Umstand beweist diese Bewegung. Die Endgandecken, oder die Trümmerhaufen am unteren Abfall der Gletscher, enthalten häufig Bruchstücke von Gesteinen, welche nur am oberen, oft Stunden weit entfernten Theile des Gletschers anstehend getroffen werden, von dort aber konnten sie nur durch den Gletscher herabgebracht worden sein, wo sie dann dem Geologen das Erkennen der Felsarten in den höheren Regionen des Gebirges erleichtern helfen, wenn er bis dorthin nicht gelangen kann. Wenn sich zwei Gletscher aus verschiedenen Hochthälern vereinigen, so entsteht aus den beiden sich verbindenden Seitengandecken eine Mittelgandecke, welche von den beiden Gletschern gemeinschaftlich fortbewegt wird. Nach und nach gelangen diese Gandecken an das Gletscherende, wo sie beim Aufthauen und durch Verflüssigung des Eises herabstürzen und die wallartige Endgandecke bilden, die zuweilen mehr als 100 Fuß Höhe erreicht, wenn das Gletscherende lange auf derselben Stelle geblieben ist, unter allen Umständen aber von dem Gletscherbach durchbrochen wird.

Wenn Du die ungeheure Last bedenkst, womit die Eismasse der Gletscher auf das unter ihr liegende Gestein drückt, so wirst Du es begreiflich finden, daß der thalwärts vorschreitende Gletscher durch Steintrümmer, Kiesel und Sand, welche mit ihm bewegt werden, die felsige Unterlage wie ein Hobel, oder vielmehr wie eine Feile von ganz ungewöhnlicher Wirkung nothwendig schleifen und bis zur Politur glätten muß, und zwar vollkommener als es je in Strombetten bemerkt wird, und überall, wo die Gelegenheit günstig ist. Agassiz hat diese Schliffe unter einem Gletscher näher untersucht und gefunden, daß

eine Lage von Kieseln den Gletscher vom festen Fels trennte und daß die Schliffflächen überall unter dem sich bewegenden Eise vorkommen, wo dasselbe auf die feste Unterlage drückt, mag diese eben sein oder nicht. Nicht selten sind glatte Flächen verbunden mit Rundhöckern, die im Großen gerade so aussehen, wie im Kleinen die Erhöhungen an Nieren, und 10 bis mehrere hundert Fuß Durchmesser haben. Die Form ist keiner Steinart eigenthümlich, ebenso wird jede Felsart, harte Gesteine wie weichere, vom Gletscher ganz gleich abgeschliffen. Weder mit den Glättungen durch fließendes Wasser, noch mit den bekannten Verschiebungen des Gesteins am Gestein (Spiegel, Harnische, Rutschflächen) dürfen die Gletscherschliffe verwechselt werden, denn sie sind nicht immer durchweg glatt, sondern zeigen gewöhnlich Ritzen und Furchen, welche in der Regel mit der nothwendigen Bewegungsrichtung der Gletscher parallel laufen. Diese Ritzen und Furchen, von denen die letzteren bisweilen ebenfalls geritzt erscheinen, sind geradlinige, 1 Zoll bis 1 Fuß breite flache Hohlkehlen, und rühren von den harten Steinen her, welche die Gletscherwucht auf der felsigen Unterlage fortschiebt. Die Schliffflächen sind nur da auf dem Gestein unterbrochen, wo auf schaligen Ablösungsflächen hinter Vorsprüngen die Gletscherwirkung verhindert wurde. Das häufige Vorkommen dieser merkwürdigen Erscheinung überall in den Alpen und selbst am Jura wird mir später noch Gelegenheit geben, darauf zurückzukommen. Ich meine aber nicht blos die Schliffflächen, sondern auch die Endgandecken, denen alle und jede Structur fehlt, indem kleinerer Kies und Schlamm mit den größten Blöcken ohne Ordnung durch einander liegen, oder an der einen Stelle ein Haufwerk kleiner Trümmer, an einer anderen kolossale Felsblöcke. Auch sie trifft man, wie Du finden wirst, an Orten, an denen man sie nicht vermuthen sollte.

Wenn eine Reihe kalter und nasser Jahre auf einander folgen, in denen der Vorderrand der Gletscher nur wenig abschmilzt, so können die Gletscher eine bedeutende Ausdehnung gewinnen und die Endgandecken sehr weit vorgeschoben werden. Man kann annehmen, daß das jährliche Vorrücken der Gletscher durchschnittlich 200 Fuß beträgt, und Studer schätzt den Spielraum, innerhalb welchem auch in unserer Zeit die Lage des Vorderrandes sich bewegt, auf wenigstens 4000 Fuß. Nicht immer, wenn ein Gletscher vorrückt, thun es auch andere, und umgekehrt; von nahe liegenden Gletschern hat man gesehen, daß die

einen wachsen, während gleichzeitig andere zurückgehen. Die Gletschermasse zeigt in verschiedenen Jahren ein ungleich starkes Vordringen, oder bei gleich bleibender Bewegung ein ungleiches Abschmelzen, und es können zwischen den Gletschern herrschende Winde oder Bewölkung Unterschiede erzeugen. Die Veränderungen in der Größe der Gletscher, welche von klimatischen Verhältnissen, von der Verschiedenheit der Jahrgänge abhängen, schwanken zu unserer Zeit innerhalb gewisser Schranken hin und her. Mancherlei Sagen, welche vormals weidenreiche Alpenthäler mit Gletschereis sich erfüllen lassen, scheinen auf ein Zunehmen, selbst Neubilden von Gletschern zu deuten; allein sie beschränken sich immer nur auf wenige bestimmte Localitäten, und wenn als Ursache, welche eine solche Vereisung herbeigeführt haben soll, die sittliche Verworfenheit einzelner Menschen bezeichnet wird, so läßt sich dies vielleicht auch dahin interpretiren, daß an manchen Orten der Mensch, eigennützig nur seinen Vortheil suchend, unbesonnen den Pflanzenschatz derjenigen Hochwaldungen verwüstete, deren Samen noch reif wird, so daß die höher gelegenen Wälder, von denen oft noch die Stämme unter dem Gletschereise gefunden werden, und welche sich durch den vom Winde hinaufgewehten Samen der tiefer stehenden Wälder erneuern mußten, durch eine solche Wälderzerstörung mit vernichtet wurden. Auf eine allgemeine Zunahme der Gletscher beziehen sich solche in Sagen gehüllte Erinnerungen des Volkes in keinem Falle, es sind auch gewichtige Gründe vorhanden, welche einem solchen Vordringen widersprechen. Dagegen zeugen die alten Gandecken, die man bei uns 6000, 12,000 Fuß und viele Stunden weit von den jetzigen Gletschern entfernt antrifft, von einer früheren weit größeren Ausdehnung des Eises, obgleich es in sehr vielen Fällen nicht möglich ist zu entscheiden, ob sie historischen oder vorhistorischen Zeiten, derselben oder verschiedenen Epochen angehören.

Du hast wohl in „geographischen Bildern“, welche man jetzt häufig zu lesen bekommt, von dem feenhaften Leuchten, Flimmern und Funkeln des Polareises, von dem Hüpfen brennendrother Strahlen von Eiszacke zu Eiszacke, von dem Hervorschlüpfen smaragdgrüner Lichter aus tiefen Spalten und dem Gaukeln blauer und gelber Lichtschimmer selbst gelesen; allein Du hast wohl von einem solchen Hüpfen, Haschen, Aufstrahlen und Verlöschen, von einer nie ruhenden Emsigkeit dieser Lichtblitze, welche wie geschäftige Elfen den Eiswasserfall hinauf- und

herabklettern, um das Krystallhaus zu verschönern und den Zauber noch zauberhafter zu machen, nicht viel gesehen auf unsern Gletschern, welche im Sommer der Wärme ihren Tribut bezahlen müssen und im Winter mit Schnee bedeckt sind. Und doch hat auch unsere Gletscherwelt ihr schönes Farbenspiel. Alle Gletscher haben, wenn sie nicht mit Schutt oder Schnee überdeckt sind, aus einer gewissen Entfernung gesehen, eine leicht in's Bläuliche oder Grünliche spielende Färbung, welche sehr angenehm von den dunkeln Farben der alpinischen Gesteine absticht. Keiner ist völlig weiß; aber die Farbe der Eisnadeln und Spaltenwände ist stets viel dunkler als die der Oberfläche. Je zerrissener daher der Gletscher, desto mannigfaltiger das Farbenspiel, welches ihn schmückt. Der Rosenlauigletscher z. B. gehört unter die bemerkenswerthesten in dieser Hinsicht, da sein Fall sehr steil ist, und er mithin auch eine Menge Spalten und Eisnadeln hat. Je fester und spröder das Eis, desto dunkler sind die Spalten gefärbt; je weiter nach dem Thalende hin sich die Schründe finden, desto prachtvoller ist der Anblick, den sie gewähren, besonders wenn sie von den Sonnenstrahlen beschienen werden. Die Spalten des Aargletschers lassen in ein herrliches Dunkelblau hinabblicken, Ulrich sah einen Eisschrund des Gornergletschers hellgrün im Sonnenlicht erglänzen, was gegen die Umgebung einen wundervollen Anblick gewährte. Das Bett der kleinen Bäche ist oft beryllgrün und sticht dann auf's Herrlichste gegen das tiefere Grün oder Blau der Spalten ab. Wir müssen annehmen, daß dem Gletschereis die blaue oder grüne Farbe bei Licht, das durch große Massen fällt, eigenthümlich sei. Du siehst, auch die Eiswelt unserer Alpen birgt eine Magie des Lichtes, welche bei vortheilhafter Beleuchtung schutt- und schneefreier, dabei gezackter oder zerspaltener Stellen um so größer ist.

Elfter Brief.

Wind und Wetter.

Den Gletschern unserer Alpen, welche ein Erzeugniß des meteorischen Wassers sind, das indeß verschiedene Umwandelungen durchlaufen muß, bis es, gefesselt, die Form dieser Eisströme annimmt, war mein

letzter, langer Brief gewidmet. Heute führe ich Dich wieder in den Luftkreis zurück; denn zu den zwei Factoren der atmosphärischen Natur, Wärme und Regen, von denen bis dahin hauptsächlich die Rede war, kommt nun noch ein dritter, die Winde. Alle drei Factoren treten immer gemeinschaftlich auf, abwechselnd die Rolle der Ursache oder Wirkung, der Herrschaft oder Dienerschaft übernehmend. Die Winde sind es aber besonders, welche in unseren Gegenden dem allgemeinen Charakter der Jahreszeiten erst die individuellen Eigenthümlichkeiten aufprägen, welche wir Wetter nennen, indem sie abwechselnd nach ihren verschiedenen Richtungen uns Wolken und Sonnenschein, Wärme und Kälte, Regen und Schnee, Ruhe und Gewittersturm bringen.

Die Winde der gemäßigten Zone scheinen launenhafte, flatterhaft unbeständige Bewegungen der feinen Flüssigkeit zu sein, die wir Luft nennen, und doch haben sie ihre unveränderlichen Gesetze. Sie sind die Folge der Störung des atmosphärischen Gleichgewichts, und ihre Bewegung sucht dieses gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen; sobald dieser Zweck erreicht ist, tritt Windstille ein. Die Ursachen dieser Störungen aber lassen sich fast einzig und allein auf die jedesmalige Ungleichheit der Temperaturen benachbarter Luftmassen zurückführen, so daß auch hier, wie in tausend anderen Fällen, das Princip der Bewegung von dem Gesetze der Gegensätze in der Natur abhängig ist. Soll das atmosphärische Gleichgewicht erhalten werden, so muß jede Luftschicht in allen Punkten unveränderlich dieselbe Dichtigkeit bewahren, und diese Hauptbedingung wäre erfüllt, wenn es keine Temperaturdifferenzen gäbe, wenn also die Sonne die Erde durchaus gleichmäßig erwärmte, so daß jede Luftschicht überall keinen Unterschied der Dichtigkeit zeigte. Allein dies hindern vor Allem die geographischen Formationen der Erde; die Kugelgestalt derselben hat eine ungleiche Vertheilung der Sonnenstrahlen zur nächsten Folge, und alle übrigen Modificationen dieser von der Sonne veranlaßten Klimate müssen von der unendlichen Ungleichheit der Oberflächengestalt und von der ungleichen Vertheilung des Wassers und Festlandes abgeleitet werden. Der Sonnenstrahl, der auf das Land fällt, wird von diesem zurückgeworfen und steigert die Luftwärme. Ist der Himmel klar und heiter, so ist die Rückstrahlung weniger fühlbar, ist er aber bedeckt, so wird die Ausstrahlung gehemmt und die Luft ist wärmer, als sie es der gewöhnlichen Temperatur nach sein könnte. Das feste Land wird leichter und stärker

erwärmt als Wasser, welches dagegen die Wärme länger an sich hält. Berücksichtigest Du diese Dir schon bekannten Verhältnisse, und daß zwischen dem Aequator und den Polen ein Temperaturunterschied von 45 Grad herrscht, so wirst Du leicht begreifen, daß von einem Vorhandensein jener Hauptbedingung des atmosphärischen Gleichgewichts keine Rede sein kann, daß es folglich beständig Winde geben muß. Die über einer Stelle des Bodens in höherem Grade erwärmte Luft dehnt sich mehr aus, wird specifisch leichter und steigt durch die dichtere, wie Oel durch's Wasser, zu einem entsprechenden höheren Platz empor; die aufsteigende Luft wird ersetzt durch andere Luft, welche der Wärmequelle horizontal von der Seite zuströmt, und in die entstehende Leere sinkt die in der höheren Atmosphäre erkaltete und schwere Luft nieder. Wird hingegen die Luft über einer Stelle des Bodens stärker als über benachbarten erkaltet, so findet ebenfalls eine Kreisbewegung statt, aber im umgekehrten Sinne von der eben angeführten; die schwerer gewordene erkaltete Luft fließt nach allen Seiten ab und wird ersetzt durch Luft, die von oben fließt, während sie selbst, wieder erwärmt, in die Höhe steigt. Die erwärmte und leichter gewordene Luft steigt überhaupt immer empor, daher an heiteren Sommertagen der aufsteigende warme Luftstrom, der mit zunehmender Tageswärme immer lebhafter wird. Die warme Luft ist dünner als die kalte, weil in einem gleichen Raume weniger Luft sich befindet, wenn sie warm als wenn sie kalt ist, daher dringt die kalte Luft in die warme und überhaupt in jeden Raum ein, der erwärmt ist, wie wir dies im Winter an den Spalten und Ritzen der Thüren und Fenster bemerken können. Wie die Verdampfung, so hält auch die Stärke des Windes mit dem Grade der Temperatur Schritt, und es ist folglich der Wind einer täglichen Periode unterworfen, indem zur Zeit der größten Tageswärme auch der Wind seine größte Stärke erreicht.

Aus der großen Zahl naheliegender Beispiele, welche Dir die Luftbewegung in Folge gestörten Gleichgewichts veranschaulichen können, wähle ich hier einige aus. Jede gegen die Umgebung erkaltete Stelle zeigt sich als Ausgangspunkt kühler Luftzüge, wie denn deren aus Schluchten, den Ausgangsstollen tiefer Schachte, dem Schatten dunkler Wolken und aus Gletscherthoren an warmen Tagen hervorkommen. Nähert man sich an einem heißen, windstillen Sommertage einem dichten Laubwalde, so weht uns ein angenehmer Wind entgegen, weil die kühlere und schwerere Luft des Waldes einen Druck ausübt auf die über

den erhitzten Feldern befindliche Luft und, indem diese in die Höhe steigt, an ihre Stelle strömt. Im Winter kannst Du die Bewegung der Luft ganz bequem im Zimmer beobachten, Du darfst nur die Thüre gegen den kalten Raum vor derselben öffnen. Stellst Du eine brennende Kerze auf die Thürschwelle, so wird die Flamme nach innen umgebogen; hebst Du die Kerze, das Auge auf die Flamme gerichtet, allmälig in die Höhe, so bemerkst Du, daß die Flamme sich nach und nach immer aufrechter stellt, und ungefähr in der halben Oeffnung gerade und still steht; bringst Du hierauf die Kerze noch mehr in die Höhe, so biegt sich die Flamme nach außen um und flackert, wie unten auf der Thürschwelle. Unten ist es die aus dem äußeren kalten Raum in die warme Zimmerluft eindringende dichtere und schwerere Luft, welche die Flamme des Lichtes nach innen weht, oben ist es die warme und leichte Zimmerluft, welche hinausströmt und die Flamme auswärts biegt, in der Mitte der Thüröffnung, wo die Flamme gerade und ruhig brennt, ist offenbar keine Luftbewegung. Die kalte Luft dringt also vermöge des von ihr ausgeübten Druckes und des verhältnißmäßig geringen Widerstandes der warmen und leichten Zimmerluft unten in das Zimmer ein, dehnt sich zugleich etwas seitlich aus und strömt bis zur gegenüberstehenden Wand, treibt dort die wärmere Luft in die Höhe, folgt ihr aber, da sie selbst etwas erwärmt und leichter wird, auf dem Fuße nach, schiebt sie bis zur gegenüberstehenden Wand und endlich zum oberen Theil der Thüröffnung hinaus. Es entsteht demnach ein förmlicher Kreislauf der Luft, aus welchem sich das eigenthümliche Verhalten der Flamme genügend erklärt.

Aehnlich wie im geheizten Zimmer ist die Luftbewegung in der Atmosphäre. Da der Wind von der Wärme abhängig ist, so muß er von der kälteren nach der wärmeren Gegend an der Erdoberfläche hinströmen und um so stärker und geschwinder sein, je größer der Wärmeunterschied zweier mit einander in Verbindung stehender Regionen ist. Aus solchen Temperaturdifferenzen benachbarter Gegenden erklären sich eine Menge örtlicher Winde in ihrem regelmäßigen Wechsel vollständig. So erstlich die Land- und Seewinde an den Küsten und Inseln. Du erinnerst Dich wohl noch des Erfahrungssatzes, daß unter ganz gleichem Wärmeeinflusse das Land rascher zu höheren Graden der Temperatur emporsteigt als das Wasser. Je höher am Morgen die Sonne sich über den Horizont erhebt, desto stärker erwärmen sich Land

und Meer z. B. einer Insel, aber das Land erwärmt sich rascher und in höherem Grade als das Meer. Es entsteht ein Wärmeunterschied, an welchem die vermittelnde Atmosphäre Theil nimmt, und über dem Meere in ihrer Temperatur etwas zurückbleibt. Indem nun die über der Insel zu höherer Temperatur gesteigerte Luftschicht emporsteigt, fließen von allen Seiten die kälteren Lufttheile über dem Meere nach dem Lande hin, um die über dem Lande aufgestiegene Luft zu ersetzen. Der uns zunächst fühlbare Unterstrom ist Seewind, weil die niedrigere Temperatur dem Meere zukommt, und er wird den ganzen Tag um so stärker verspürt werden, je mehr die erwärmende Kraft der Sonne auf das Land wirkt. Nach Sonnenuntergang tritt nun das Umgekehrte ein. Die Insel verliert ihre über Tag eingesammelte Wärme durch Ausstrahlung rascher als das Meer, die über ihr lagernde Luftschicht nimmt an dieser rascheren Abkühlung Theil, wird schwerer als die langsamer sich abkühlende Meeresluft, und die Folge ist, daß die schwerere Landluft in die leichtere Meeresluft eindringt und sie verdrängt. Der Unterstrom ist während der Nacht ein Landwind (brise), der am Tage wieder dem Seewinde weichen muß. Auf jedem Theile der Küste entsteht aus dem periodischen Wechsel beider Winde ein senkrechter Kreislauf, der mit einem gedrehten Rade zu vergleichen ist; so lange die Temperatur zwischen Land und Meer ungleich ist, so lange dreht es sich, zuerst nach der einen Seite, dann nach der entgegengesetzten, steht aber, so wie die Temperatur gleich ist, also bald nach Auf- und Untergang der Sonne und um die heißeste Tageszeit. Die Hauptzüge dieses Phänomens, welches an allen Küsten wärmerer Länder getroffen wird, hast Du in dem angeführten Beispiele mit dem geheizten Zimmer. Diesen Luftwechsel verspürt man manchmal im Sommer auch an unseren größeren Seen, allein wegen des geringen Temperaturunterschiedes zwischen Land und Wasser ist derselbe stets sehr schwach und wird überdies durch herrschende Winde meistens verdeckt. — Die Land- und Seewinde der wärmeren Länder sind bei uns, wie in allen Gebirgsländern, vertreten durch die periodischen Thalwinde, die oft eine beträchtliche Stärke erreichen. Ihre Richtung und die Zeit ihres Wechsels hängt stets von der Configuration des Thales ab, in der Regel aber strömt während des wärmeren Theiles des Tages der Wind thalaufwärts, am späteren Abend und während der Nacht, oft bis zu den späteren Morgenstunden, thalabwärts. Jener ist der Unterwind, welcher dem Seewinde entspricht, dieser der

Oberwind, welcher dem Landwinde correspondirt, das höhere Gebirg vertritt hier die Stelle des Landes, das offenere Land die des Wassers. Da die Alpen Tafellandcharakter haben, so tritt die Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes zuerst auf den Hochflächen und Gebirgsrücken ein, wo unter dem geringeren atmosphärischen Drucke die aufsteigenden Luftströme schneller zu Stande kommen, als in der Tiefe. Wenn daher auf dem höheren Gebirg die Luft emporsteigt, so strömt die tiefere Thalluft als Unterwind jenen Gegenden zu, und wenn nach Sonnenuntergang die Gebirgsluft erkaltet und schwerer wird, so sinkt sie als Oberwind zu Thal. Im unteren Rhonethal und im Rheinthal bei Chur zeigt sich der Unterwind um 9 bis 10 Uhr Morgens und hält an bis gegen Abend, im Bergell, auf dem Bodensee, Wallenstadter-, Brienzer- und Thunersee tritt er erst Nachmittags ein, so auch auf dem Langensee, wo er l'Inverna heißt. Der kühlere Oberwind beginnt oft schon vor Anfang der Nacht und herrscht in mehreren Thälern vorzüglich in den frühern Morgenstunden, wie bei Chur, auf dem Bodensee, Wallenstadter-, Brienzer- und Thunersee, von welchem letzteren er bis Bern fühlbar wird. In einigen Gebirgsthälern ist der Unterwind gewöhnlich stärker als der Oberwind, und im unteren Rhonethal sollen die Nächte windstill sein. Auf dem Neuchateler- und Bielersee tritt im Sommer um 5 Uhr Abends eine kühle Bergluft, der Joran, ein, der nicht selten als heftiger Querwind die beiden Seespiegel in mächtigen Wellen aufregt, aber gewöhnlich schon um 8 Uhr Abends sich wieder beruhigt. Der Joran ist ein Oberwind, der dadurch entsteht, daß an die Stelle der Nachmittags auf dem Jura am meisten erhitzten und aufgestiegenen Luft kältere Luft nachsinkt, welche als kalter Wind nahe an der Erdoberfläche hinströmt.

Es ist bekannt, daß mehrere Winde zugleich nach verschiedenen Richtungen über oder neben einander wehen können, wie man dies an den Wolken zu bemerken öftere Gelegenheit hat. Die Breite und die Längenausdehnung der Luftströmungen ist sehr verschieden, während sie bei einigen nur wenige Klafter beträgt, kann sie sich bei anderen über ganze Erdzonen erstrecken. Hängt zunächst die Geschwindigkeit eines Windes von der Größe des Temperaturunterschiedes ab, so übt darauf auch die Weite des Profils einen großen Einfluß aus. Müssen breite Luftströmungen sich durch ein enges Thal drängen, so geht es ihnen wie Wasserströmen, deren Bett sich verengt, sie erlangen eine viel größere

Geschwindigkeit. Daher kommt es, daß die Geschwindigkeit des Föhn in dem engen Querthal der Reuß, im Glarnerland, in dem Engpaß der Luciensteig oft zu einer außerordentlichen Höhe gesteigert wird.

Zwölfter Brief.

Wind und Wetter.

Ich habe Dir das letztemal den Ursprung der Luftströmungen und gewisse locale Winde zu erklären gesucht. Heute gehe ich zu dem großartigsten Vorgang dieser Art über, durch welchen die Witterungsverhältnisse der mittleren Breiten hauptsächlich bedingt sind. Es sind die allgemeinen oder Passatwinde, eine Folge der Kugelgestalt der Erde, und hervorgebracht durch den großen, zwischen den Wendekreisen und den Polen obwaltenden Temperaturunterschied, welcher die ganze Atmosphäre in Bewegung setzt. Als Columbus auf seiner Entdeckungsreise den 30. und 28. nördlichen Breitegrad überschritten hatte, wurde sein Schiff durch einen gleichmäßig wehenden Wind nach Südwesten, bei noch weiterem Vorrücken gegen den Aequator genau und unaufhaltsam nach Westen getrieben, was seine Gefährten mit Schrecken erfüllte, weil sie befürchteten, auf diese Weise nie mehr nach Europa zurückzukehren. Es war der Passatwind, der sie Amerika zuführte. Dieser constante, sanfte Wind war es auch, welcher den ersten Weltumsegler Magelhaens auf seiner großen Reise quer über den großen Ocean so still und friedlich hinüberführte, daß er diesem Weltmeer den Namen „Stilles Meer" beilegte. Und auf derselben Linie konnten die spanischen Galeonen, mit dem Golde Amerikas beladen, zwei volle Jahrhunderte hindurch die ungestörten stillen Reisen von Acapulco nach Manila, ohne Kampf mit Stürmen, mit feindlichen wilden oder neidischen civilisirten Völkern, ausführen. Noch immer bezeichnet dieser Wind (vents alizés, tradewinds) die Fahr- und Handelsstraße von Europa nach Amerika. Eine ganz ähnliche Erscheinung, wie auf der nördlichen, bietet sich auch auf der südlichen Seite des Aequators dar; hier weht ein ebenso andauernder Wind ungefähr vom 25. Grad an aus Südosten, der weiter nach dem Aequator hin ebenfalls zum Ost-

wind wird. Beide Winde nördlich und südlich vom Aequator ziehen sich um die ganze Erde herum, zeigen sich jedoch in ihrer vollen Regelmäßigkeit nur in Mitten der großen Meere und in den ausgedehnten Ebenen Südamerikas, weil die größeren Gebirgszüge des festen Landes die schwächeren Winde, zu denen die Passate gehören, brechen und weiterhin vollkommen unwirksam machen. Beide Passate sind von einander getrennt durch einen Gürtel, der im Mittel etwa 6 Grad Breite hat, und im atlantischen Ocean ganz auf der nördlichen Seite des Aequators liegt, entweder weil der Südpassat in Folge der größeren Kälte der Südhalbkugel mit größerer Kraft weht als der Nordpassat und diesen zurückzudrängen strebt, oder weil in Folge der eigenthümlichen Configuration der alten und der neuen Welt der Nordpassat durch die Gebirge von Afrika und Columbien verhindert wird, in dem dort beengten Meere weiter südwärts vorzudringen. Zweimal im Jahre steht die Sonne senkrecht über diesem Gürtel, nie weit genug entfernt, daß eine Abkühlung eintreten könnte, sie durchglüht vielmehr hier die Atmosphäre in einem solchen Grade, daß diese, durch die Hitze verdünnt und leichter geworden, einen ununterbrochenen, rasch aufsteigenden Luftstrom bildet, der von einer solchen Stärke ist, daß er den wagrecht einfallenden Passaten Widerstand leistet und ihre Richtung stört oder ganz aufhebt. Dieser Luftstrom steigt zu einer sehr bedeutenden Höhe auf, und wie sich ein auf die Oberfläche des Wassers gegossener Tropfen sogleich nach allen Seiten ausbreitet, so fließt auch die Luftmasse dieses Stromes in den höheren Regionen nach allen Seiten auf der dichteren Luft ab. Gleichzeitig verdunstet von der ungeheuren Fläche des Oceans eine gewaltige Menge von Wasser, welche mit der heißen Luft emporsteigt. Aber in den höheren Regionen kühlt sich diese Luft ab, oft plötzlich um viele Grade, und ein großer Theil des mitemporgerissenen Wasserdunstes schlägt sich rasch in großen Tropfen nieder. Indem diese Niederschläge mit großen Veränderungen in der Luftelektricität verbunden sind, bilden sie furchtbare, schnell entstehende und vergehende Gewitterstürme in jenem Gürtel, der sonst wegen seines beständig aufsteigenden Luftstroms völlig windstill scheint, und deshalb Region der Windstillen (Calmen) genannt wird. Dennoch ist diese Gegend den Seefahrern furchtbar, nicht nur weil sie oft Tage lang kaum von der Stelle kommen, wie sehr sie sich aus der Sonnengluth dieses Gürtels wegsehnen, welche ihre Schiffe brennend heiß macht und die Betheerung schmelzt, sondern

auch wegen der Seeräuber, die hier von jeher ihr Wesen getrieben haben, vor Allem aber wegen der entsetzlichen Gewitterstürme, welche nicht selten unvermuthet die heimtückische Stille unterbrechen.

Die am Aequator das ganze Jahr unausgesetzt aufsteigende Luftströmung muß begreiflicherweise einen Raum zurücklassen, der nur sehr verdünnte Luft enthalten kann. Weil aber in den angrenzenden Breitegraden kältere Luft herrscht, so strömt diese an der Erdoberfläche mit Stetigkeit nach dem Aequator hin, und hinter ihr drängt auch die kalte, schwere Polarluft nach Süden vor. Es entsteht so eine große Luftströmung, welche man, weil sie längs der Erdoberfläche von den Polen zum Aequator strömt, den Polarstrom nennt. Auf der südlichen Halbkugel ist er natürlich ein Südwind, auf der entgegengesetzten ein Nordwind. Da die Polarluft die kältere, schwerere, trockenere ist, so muß bei ihr das Barometer steigen, das Thermometer sinken. Es ist aber natürlich, daß jenes Zuströmen der kälteren Luft von den Polen her nicht allein stattfinden kann, sondern von einem ebenso ununterbrochenen Abfluß vom Aequator gegen die Pole hin begleitet sein muß, gerade wie der in das geheizte Zimmer einfließende kalte Unterstrom den ausfließenden warmen Oberstrom in seinem Gefolge hat. Die aufsteigende Aequatorialluft erkaltet um so rascher, je höher sie steigt, sinkt deshalb wieder tiefer, auf dem unter ihr fließenden schwereren Polarstrom gleichsam herabgleitend, und erreicht etwa unter dem 30. Grad die Erdoberfläche, wo sie, die man nach ihrem Ursprung den Aequatorialstrom nennt, mit dem Polarstrom zusammenstößt und in Kampf geräth, indem sie denselben entweder bei Seite wirft oder selbst zurückgeworfen wird. Dieses Zurückströmen nach den Polen kann jedoch nicht überall und nicht zu allen Zeiten stattfinden, weil die Passate selbst sich ergänzen müssen durch die Luft der gemäßigten Zonen. Deshalb wird das Eigenthümliche in höheren Breiten ein Kampf zwischen einem nördlichen und einem südlichen Strome auf der Nordhalbkugel sein, welche sich bald dieses, bald jenes Bett wählen, bald über, bald unter einander strömen, zuweilen in mächtigen Strombetten neben einander hinbrausen, sich gewöhnlich aber unter schärferen oder stumpferen Winkeln begegnen. In seltenern Fällen wehen sie auch einander entgegen, stauen sich und erzeugen zwischen einander eine Gegend der Windstille, welche gewöhnlich im Süden der nördlichen Halbkugel von heftigen Stürmen begrenzt wird. Während in der heißen Zone der Polarstrom stets der untere ist,

so wird es in den gemäßigten Zonen rund um die Erde immer Meridianstreifen geben, in denen der Polarstrom, so wie solche, in denen der Aequatorialstrom der untere ist. Der beständige Unterstrom der heißen Zone ist der eigentliche Passat, dessen äußere Grenze da ist, wo der Aequatorialstrom die Erdoberfläche erreicht, also auf der nördlichen Halbkugel zwischen dem 28. und 30. Breitegrad, während die innere Grenze durch die Region der Calmen bezeichnet ist. Man nennt ihn auch den unteren Passat, und die mit ihm zugleich vorhandene Gegenströmung in den höheren Luftregionen den oberen oder rückkehrenden Passat. Bei diesem Kreislauf der Luft müßte nun der Polarstrom auf der nördlichen Halbkugel reiner Nordwind, und Südwind auf der südlichen sein, wenn sich die Erde nicht um ihre Achse drehte. Allein der Polarstrom kommt aus Gegenden, wo sich die Erde langsamer dreht als unter dem Aequator, und da die Atmosphäre, von welcher der Polarstrom nur ein sich fortbewegender Theil ist, ihrer ganzen Ausdehnung nach an die Erde und ihre Bewegung gebunden ist, so wird auch sie mit der Erde von Westen nach Osten herumgeführt, und während am Pol selbst die Luft nur um sich selber sich dreht, ohne vorwärts zu kommen, so legt die Luft am Aequator in einer Stunde einen Weg von mehr als 200 Meilen zurück. Wenn daher durch die Polarströmung eine Luftmasse aus höheren Breiten in niedere versetzt wird, so kann sie noch nicht die hier herrschende größere Geschwindigkeit haben, und es wird längere Zeit vergehen, bis sie dieselbe angenommen hat, sie wird mithin gegen die Erdfläche, über die sie wegströmt, im Rückstand sein. Die nahe der Aequatorialzone mit großer Geschwindigkeit gegen Osten sich drehende Erdfläche stößt also gegen die trägere Polarströmung an, und da der Boden ruhend erscheint, so wird der Stoß der Luft zugeschrieben. Aus den beiden vereinigten Richtungen vom Pol zum Aequator und von Westen nach Osten geht aber als nothwendiges Resultat auf der Nordhalbkugel eine nordöstliche, auf der Südhalbkugel eine südöstliche Richtung der Passate hervor. Innerhalb der Wendekreise ist der Unterschied der Rotationsbewegung zu gering, als daß sie eine fernere Ablenkung der Winkelrichtung erzeugen könnte; es treffen aber hier die schief einfallenden Winde auf die Widerstand leistende Luftmasse der Calmenregion, und durch diese werden sie in directe Ostwinde abgelenkt. Was den aufsteigenden heißen und feuchten Aequatorialstrom betrifft, welcher von der vordringenden Polarluft

zum Abfließen nach den Polen veranlaßt wird, wie die Zimmerluft in den kalten Raum, so kommt derselbe aus einer Zone, welche die schnellste Umdrehung von Westen nach Osten hat. Er bewegt sich mithin schneller, als die Erdfläche unter höheren Breiten, eilt derselben vor, und wird aus einem Südwind auf der nördlichen Halbkugel zu einem Südwest- und Westwind. In der gemäßigten Zone unserer Halbkugel herrscht auch in der That Südwest vor, so daß ein Schiff von England nach New-York 40 Tage braucht, auf dem Rückwege dagegen nur 23 Tage. Mit diesem herabgekommenen oberen Passate vollendet sich der Kreislauf der Luft; beide Ströme in Verbindung mit einander unterhalten in der Atmosphäre eine beständige Circulation, wodurch verhütet wird, daß durch locale Einflüsse irgendwo ein den Organismen wesentlicher Stoff (Sauerstoff oder Wasserdampf) vollständig verzehrt werde, oder ein schädlicher (Kohlensäure) sich übermäßig anhäufe, so daß das Bestehen der gesammten belebten Natur an diesen Kreislauf gebunden ist.

Der Aequatorialstrom, als der wärmere, leichtere und feuchtere der beiden Hauptströme, bringt das Barometer zum Fallen, das Thermometer zum Steigen und bedingt die Bildung von Niederschlägen. Daß unser Südwestwind aus der Aequatorialzone kommt, dies beweisen mehrerlei Thatsachen auf unzweifelhafte Weise, wenn seine große Wärme und Feuchtigkeit es nicht schon sehr wahrscheinlich machte. Auf dem Gipfel des Pic von Teneriffa haben die meisten Reisenden einen Westwind verspürt, obgleich auf dem Meere der Nordostwind herrschend war. Ebenso geht in der nördlichen Passatregion aus dem fast immer südwestlichen Zuge der obersten Wolkenschichten bei constantem Nordostpassat das Vorhandensein des oberen gegen den Pol hin abfließenden Passats hervor. Dasselbe beweist die Richtung, welche man die ausgeworfene Asche der Vulcane nehmen sah. Am 20. Januar 1835 wurde die ganze Landenge von Panama durch ein Erdbeben erschüttert, welches den Ausbruch des Cosiguina in Nicaragua begleitete. Am 24. und 25. verdunkelten in Kingston auf Jamaica, in einer Entfernung von fast 200 geographischen Meilen, Aschenwolken sieben volle Stunden lang das Sonnenlicht. Erst dadurch erfuhr man, daß die früher gehörten Explosionen nicht von Kanonenschüssen herrührten. Da Jamaica nordöstlich von Nicaragua liegt, so konnte die vulcanische Asche nur durch den oberen Passat herbeigeführt sein. Zugleich bewies dieser Ausbruch, daß die in der Gegend der Windstillen aufsteigende Luft sich

in der Höhe theilt und nach beiden Polen abfließt, denn auf ein Schiff, welches damals auf dem stillen Ocean 700 englische Meilen vom Cosiguina südwestlich entfernt war, fiel ebenfalls Asche, und weil auf den höchsten Spitzen der Anden noch kein Reisender den oberen Luftstrom erreicht hat, so beweist dieser Ausbruch überdies, daß in der Gegend der Calmen der Abstand des oberen Passates vom Meeresspiegel über 20000 Fuß betragen muß. Aus dem auf der Höhe des Pic von Teneriffa herrschenden Südwestwind geht endlich hervor, daß der obere Strom selbst im Sommer sich schon auf 11000 Fuß herabgesenkt hat, worauf er in der Nähe der Azoren bereits den Boden erreicht.

Der rückkehrende Passat, oder die allgemeine Südwestströmung, die vom atlantischen Meere her sich über Europa ergießt, biegt sich theilweise gegen die Alpen und das Mittelmeer hin gegen Süden um und fließt gegen Afrika zurück, indem sie sich mit der directen Nordostströmung vereinigt, ein anderer Theil fließt nach Nordosten. Es machen sich daher bei uns beide Strömungen, sowohl die vom Aequator als die vom Pol kommende, abwechselnd geltend, und neben ihnen sehr oft die beschränkteren Localwinde. Häufig herrscht der allgemeine Wind in der Höhe, der locale in der Tiefe, oder es wird die Herrschaft des ersteren nur auf kurze Zeit durch das Einfallen des letzteren unterbrochen. Wahrscheinlich würden bei uns die Nordostwinde die Oberhand erhalten, wenn nicht die Thatsache, daß das große Sandmeer Nordafrikas, welches von der Sonne zur höchsten Gluth erwärmt wird, gerade im Süden von Europa läge. Du bist nun im Stande, die klimatische Bedeutsamkeit dieser Vorlagerung Afrikas nach ihrem ganzen Umfange zu begreifen. Die Region der Windstillen, und zugleich die Region der Polarströmungen, wird dadurch weiter nach Norden hinaufgerückt, so daß der zurückkehrende warme Passat entweder erst in viel höheren Breiten, als in Amerika und Asien, den Boden erreicht, oder, wenn er früher herabkommt, in Italien als Scirocco, in den Alpen als Föhn ungleich wärmer anlangt als anderwärts. Man hat beobachtet, daß der Föhn bei heiterem Wetter in den Alpen mit einer Temperatur von 25° bis 26°, ja im Juli 1845 in Bündten mit einer Temperatur von fast 30° R. im Schatten geweht hat. Du darfst den Föhn nicht mit dem vom atlantischen Meer kommenden Südwest verwechseln, er ist afrikanischer Wind, seine südliche Richtung und sein Charakter unterscheiden ihn von jenem. Wenn er die Alpen übersteigt, so trübt sich meistens

die Atmosphäre, es herrscht dumpfe Schwüle, dann stürzt der Wind oft mit furchtbarer Gewalt, als ob er unter starkem Druck sich über das Hochgebirg durchgedrängt hätte, in den Hintergrund der Thäler nieder; zuweilen begleiten schwere Gewitter und anhaltende warme Regen den Einbruch, und unter seinem warmen Hauche schmelzen Schnee und Gletscher stärker ab und erzeugen Hochwasser. Aber, wie schon bemerkt, weht der Föhn manchmal bei reinstem Himmel als Wind von mittelmäßiger Stärke, in welchem Falle dann seine hohe Temperatur noch durch die Sonnenstrahlung vermehrt wird. Wenn er in den Alpen als Sturmwind auftritt, so verliert er in einiger Entfernung davon und im südlichen Deutschland seine Heftigkeit, nicht aber seine Wärme und den abspannenden Einfluß auf den Organismus.

Dreizehnter Brief.

Wind und Wetter.

Du wirst aus meiner letzten Mittheilung entnommen haben, daß die Aequatorial- und Polarströmungen als die allgemeinen oder Hauptwinde der Atmosphäre angesehen werden müssen. In der That äußern diese beiden Luftströme ihre Herrschaft auf unverkennbare Weise in der heißen Zone. Im Verlaufe des Jahres bewegt sich die Sonne zwischen den Wendekreisen hin und her, weshalb die Region der Windstillen nicht immer an derselben Stelle bleiben kann, sondern sich mit dem Stand der Sonne während unsers Sommers mehr nördlich, während unsers Winters mehr südlich zieht, und damit natürlich die ganze Erscheinung des Passats. Im Passat ist die Luft vollkommen heiter, da sie immer trockener wird, je näher sie den heißen Gegenden strömt; in der Region der Windstillen hingegen regnet es, weil die warmen Luftschichten der Tiefe, indem sie aufsteigen, sich abkühlen und ihre Wasser fallen lassen. Jeder Ort zwischen den Wendekreisen hat also eine t r o c k e n e Zeit, wenn er sich im Passat befindet, und eine R e g e n z e i t, wenn er in die Region der Windstillen tritt, oder, nach dem Ausdruck der Indianer am Orinocco, eine Zeit der Sonnen und eine Zeit der Wolken. Vergleichen wir diese Regelmäßigkeit der Witterung zwischen

den Tropen, welche ganz durch den Sonnenstand bedingt wird, mit dem häufigen Wechsel der Winde und dem launenhaften Spiel des Wetters in unseren Gegenden, so scheint es, als ob bei uns die Aequatorial- und Polarwinde ihre Herrschaft verloren haben. Allein dies scheint auch nur so. Allerdings schwindet in der gemäßigten Zone die Regelmäßigkeit, aber nicht auf einmal, oder sprungweise, sondern allmälig und in leisen Uebergängen. Der secundäre Einfluß wird stärker und stärker und gewinnt eine die gesammte Gesetzmäßigkeit zurückdrängende Herrschaft erst da, wo wir den eigentlichen Kampfplatz des oberen und unteren Passates betreten. Soweit der untere Passat seinen Einfluß ausübt, kann man fast auf Tag und Stunde das Wetter auf Jahre voraussagen. In der Gegend der Calmen dagegen wechseln Platzregen und Gewitterstürme mit großer Hitze und Windstille. Vom 5° bis 10° nördl. Br. folgt eine Zone, wo Regen und Heiterkeit nur im Sommer einander folgen, im Winter hingegen der Passat einen regenlosen Himmel bringt. Vom 10° bis 20° gestattet der unausgesetzt wehende Passat keine Trübung des ewig blauen Himmels, so daß oft viele Jahre vergehen, ehe ein schnell vorübergehender Regen die durstende Erde erquickt. Hierauf folgt eine Zone, die etwa bis zum 30° sich erstreckt, wo die Passate einen regenlosen Sommer bringen, im Winter aber warme, jedoch nicht beständige Regen herrschen. Endlich folgt eine Breitenzone von etwa 24 Grad, wo wir in Folge der zusammenstoßenden Aequatorial- und Polarströmungen die veränderlichen Winde und damit das veränderliche Klima antreffen. Hier wechselt die Herrschaft der beiden Hauptwinde mit einander ab, und die Witterung erscheint uns eben deshalb hier so launenhaft und regellos, weil das Gesetz, durch welches das Vorherrschen des einen oder des anderen dieser beiden Winde in einer gegebenen Gegend bestimmt wird, aus den verschiedenen Beobachtungen bis jetzt noch nicht hat abgeleitet werden können. Dennoch beweisen vieljährige, sorgfältige Vergleichungen, daß in der nördlichen gemäßigten Zone zwei Windrichtungen die Oberhand über alle anderen horizontalen Windrichtungen zu gewinnen trachten. Die eine ist die des Südwestwindes, welcher mehr und mehr in West übergeht, weil mit diesem Winde Lufttheile aus Gegenden immer größerer Rotationsgeschwindigkeit zu uns gelangen, die andere ist die des Nordost- und Ostwindes. Offenbar hat der erstere seinen Ursprung in dem aufsteigenden Aequatorialstrom der Calmenregion oder in dem oberen Passat, der

letztere in dem Polarstrom, oder ist vielmehr diese Polarströmung selbst. Alle anders gerichteten Winde sind Localwinde, oder überführende Zwischenwinde. Durch das Vorherrschen des einen oder des anderen der zwei Hauptwinde entsteht nun die große Unregelmäßigkeit unsers Wind- und Wetterverlaufs, in welcher das sogenannte Drehungsgesetz des berühmten Meteorologen Dove bis jetzt als einzige Regel aufgefunden worden ist, die an Zuverlässigkeit kaum etwas zu wünschen übrig läßt. Nach diesem Gesetze folgen die beiden Hauptwinde, wenigstens in Europa, einander immer in derselben Ordnung und veranlassen, so oft sie auf ihrem Wege mit einander zusammentreffen, einen Windwechsel, der dem rotirenden Laufe von Ost über Süd nach West zu folgen strebt. Stelle Dir den Vorgang ganz einfach so vor. An einem Orte in Europa herrsche Windstille und es beginne in der Richtung vom Pol zum Aequator eine Strömung. Weil der Unterschied in der Rotationsgeschwindigkeit des Ortes gegen die zunächst nördlich gelegene Luft zu gering ist, als daß hieraus eine Abweichung von der meridianen Richtung hervorgehen könnte, so wird die Strömung im Anfang ein Nordwind sein. Die Richtung desselben ändert sich aber, je länger er anhält, denn die Luft, welche er durchfließt, wird von immer nördlicher gelegenen Parallelen herkommen, der Rotationsunterschied wird sich immer mehr Geltung verschaffen, und der Wind geht aus Nord durch Nordost nach Ost über. Wenn nun, bei herrschendem Ostwind, eine Strömung einfällt, welche die Richtung vom Aequator zum Pol hat, so wird anfangs wieder der Unterschied der Breite keine Ablenkung bewirken, der Wind wird ein Südwind sein. Aber aus der vereinigten Richtung Ost und Süd entsteht ein Südostwind, und wenn der Ostwind vollständig verdrängt wird, tritt reiner Süd ein. Weil aber allmälig Luftmassen aus südlicheren Breiten, wo die Rotationsgeschwindigkeit größer ist, eintreffen, so geht der Süd in Südwest und West über. Wird dann der Westwind durch eine Polarströmung verdrängt, so geht er durch Nordwest nach Nord über. Denke Dir ferner in einer Gegend die Polarströmung als herrschenden Nordostwind in der Tiefe, und die höhere Temperatur, die größere Feuchtigkeit und der Zug der Wolken kündige den Eintritt des rückkehrenden Passats als südwestlichen Oberstrom an, während die Windfahne noch immer Nordost zeigt; so wird der Passat in kurzer Zeit den Boden erreichen und den Polarstrom zu verdrängen suchen, der Nordost geht in Ost, und bei anhaltendem

Passat sehr bald durch Südost in Süd und Südwest über. Fällt dann die Polarströmung mit neuer Kraft ein, so wird sich die Windfahne sogleich in ihre Richtung stellen, während die Wolken noch immer dem Zuge des in der Höhe herrschenden Südwest folgen. Dieser wird nun verdrängt und geht in West über, und aus dieser Richtung durch Nordwest und Nord in Nordost. Wenn endlich die beiden Hauptwinde nicht über und unter, sondern, wie dies häufig der Fall ist, neben einander strömen, so ist das Resultat dasselbe, der eine Wind wird den anderen zu verdrängen suchen, und dies geschieht dadurch, daß die Trennungsebene entweder von Südost nach Nordwest, oder von Nordwest nach Südost fortrückt. Der Wechsel in dem einen oder anderen Sinn erfolgt dann schnell in der ganzen Höhe der Atmosphäre und die Windfahne stellt sich nach kurzem Schwanken in die Richtung des herrschend gewordenen Windes. So drehen sich also, wie Du siehst, bei uns die Winde ganz im Sinne der Zeiger einer horizontal liegenden Uhr; während des Kampfes der beiden Hauptwinde tauchen nach und nach immer andere Winde auf, welche zwischen jenen Hauptrichtungen gelegen sind. Aber keiner dieser Uebergangswinde kann für immer herrschend werden, und eben so wenig ist die Dauer dieser auf einander folgenden Winde gleichmäßig; der Nordost-, Südwest- und Westwind dauern gewöhnlich am längsten. Du darfst aber bei der großen Beweglichkeit der Atmosphäre nicht erwarten, das Drehungsgesetz bei jedem Windwechsel bestätigt zu sehen. Es kommt zuweilen ein Zurückspringen des Windes vor. Ist nämlich aus dem Nordost- ein Ostwind geworden, so wird dieser, wenn die Ursache fortdauert, welche die Luft nach dem Aequator treibt, hemmend auf die Polarströmung wirken, die Luftmasse derselben wird die Rotationsgeschwindigkeit des Ortes annehmen, über welchem sie sich befindet, und der Wind wird nach Norden zurückspringen. Ebenso schlägt der Wind nach Süd zurück, wenn die Luft fortfährt nach dem Pol zu strömen. Die Erfahrung scheint zu lehren, daß bei uns der Nordostwind in diesem Kampfe weit öfter unterliegt als der Südwestwind. Den Grund für die größere Stärke und mithin auch für die größere Häufigkeit des Süd- und Südwestwindes muß man, scheint es, in seinem bedeutenden Umfange suchen, den er der ausdehnenden Kraft der Wärme verdankt. Der Umstand nun, daß keiner der beiden Hauptwinde, noch weniger ein Uebergangswind auf längere Zeit herrschend wird, ist es, welcher, auch abgesehen von den blos localen Winden,

unserem Witterungsverlauf den Charakter der Veränderlichkeit und Unbeständigkeit gibt. Dennoch geht aus den allgemeinen und einfachen Zügen des Grundgesetzes der atmosphärischen Veränderungen hervor, daß in den Witterungserscheinungen ein innerer Zusammenhang, eine gewisse Gesetzmäßigkeit herrscht, die selbst in diesem dem Anschein nach so anarchischen Gebiete der Naturthätigkeit obwaltet und erkennbar ist.

Die beiden sichtbarsten Umstände der Witterung, Luftwärme und Niederschlag, sind in unseren Gegenden von den jedesmaligen entweder kalten oder warmen, trockenen oder nassen Winden in Verbindung mit der Jahreszeit bedingt, wie dies schon das Sprichwort „das Wetter kennt man bei dem Wind" andeutet, weshalb man die Witterungsveränderungen auf den Wechsel der Winde aus Nord und Ost mit denen aus Süd und West zurückführen muß. Aus dem häufigen Eintreten kalter oder warmer Winde erklären sich vor allem die Unterschiede der Mitteltemperatur einzelner Monate. Denn während der Dauer eines Windes wird die Temperatur der Gegend, über die er wegzieht, über oder unter das gewöhnliche Mittel erhöht oder erniedrigt, je nachdem der Wind zu der wärmeren oder kälteren Hälfte der Windrose gehört. Dasselbe gilt von dem Feuchtigkeitsgrad der Luft, der durch trockene oder nasse Winde bedingt wird. Ebenso hängt ohne allen Zweifel mit dem Wechsel der allgemeinen Winde die Ungleichheit der Jahrgänge zusammen, weil in unseren Breiten das Eintreten der beiden Hauptströmungen nicht mehr vom alleinigen Stand der Sonne oder von der geographischen Breite abhängig ist. Das Entscheidende für irgend ein Land, also für die Schweiz, wird sein, ob in einer gewissen Jahreszeit der Polarstrom oder der Aequatorialstrom herrschend ist, oder ob alsdann ein rascher Wechsel zwischen beiden stattfindet, der an der Grenze beider neben einander wehender, entgegengesetzter Strömungen allemal entsteht. Herrschte bei uns z. B. im Januar und Februar der Polarstrom, so müßte ein strenger, herrschte der Aequatorialstrom, ein gelinder Winter die Folge sein. Würde dasselbe im Juni und Juli der Fall sein, so müßte der Erfolg ein entgegengesetzter, der Sommer also von geringerer oder größerer Wärme sein, er wäre auch ärmer oder reicher an Niederschlägen. Es hat alle Wahrscheinlichkeit für sich, daß die Erdoberfläche von Ost nach West sich in Meridianräume theilt, wovon der eine in demselben Jahre einen milden Winter hat, in welchem der andere strenge Kälte erfährt, oder einen kühlen, nassen Sommer, während der

Bayerische Staatsbibliothek München

andere trockene Hitze hat, so daß der milde Winter und heiße Sommer des einen Raumes die Wintermilde und Sommerwärme des anderen gleichsam verzehrt. Man kann als richtig annehmen, daß zu allen Zeiten dieselbe Wärmemenge, nur ungleich vertheilt, sich auf der Erdoberfläche befindet, und daß jedes Extrem sein Gegengewicht findet. „Wenn, sagt Dove, das Beobachtungsnetz über größere Strecken verbreitet sein wird, wird man die Aufeinanderfolge dieser Erscheinungen in einen causalen Zusammenhang zu bringen vermögen, und es werden dann erst die secundären Phänomene sich von den primären sondern lassen. Europa muß, um seine Witterungsverhältnisse zu verstehen, wie ein Janus seinen Blick nach entgegengesetzten Seiten kehren; nur höchst selten wird er ihre primäre Ursache in seinem eigenen Welttheil zu suchen haben." Die Erfahrung lehrt in der That, daß die Jahrgänge in Nordamerika, Westeuropa und Osteuropa oft einen verschiedenen Charakter darbieten. Der milde Winter von 1852 auf 1853 in Westeuropa zeigte in Nordamerika eine anhaltende strenge Kälte. Im Jahre 1846 litt Europa durch große Dürre Mißwachs, während Amerika, häufig von warmen Regen befruchtet, sich einer ungemein segensreichen Ernte erfreute, wodurch dem Handel zwischen beiden Continenten ein gewaltiger Impuls gegeben wurde. Die Jahre 1816 und 1817 sind in den Annalen der Geschichte Europas als Jahre des Mißwachses und der Hungersnoth aufgezeichnet; aber der verheerende, regnerische Südwestwind traf nur Westeuropa, Polen und Rußland hatten von diesem Winde nur wenig zu leiden, das Korn wuchs daselbst in solcher Ueberfülle, daß beide Länder das übrige Europa damit versehen konnten. Gerade dadurch machte sich die bis dahin kaum gekannte commercielle Wichtigkeit derselben bemerkbar, welche sich in gesteigertem Maße erhalten hat.

Wenn man für ein bestimmtes Jahr und für ein gegebenes Land vorausbestimmen könnte, welcher von den beiden Hauptströmen der herrschende sein, oder ob alsdann das Land zwischen die Grenzen beider Winde fallen werde, so könnte man für dieses Land auch das Wetter vorhersagen. Allein gerade dieses ist, wenigstens bis jetzt, unmöglich gewesen. Wir wissen nicht, wann die anhaltenden Luftströmungen der einen oder der anderen Hauptrichtung eintreten, noch wie lange sie dauern werden. Es läßt sich ein Kreislauf, eine feste Anzahl von Jahren vermuthen, nach deren Verfluß die Luftströmungen wieder in ihre

Bayerische Staatsbibliothek München

alten Betten zurückkehren, so daß, wenn man diese Periode kännte, und dabei von den kleineren klimatischen Störungen absehen würde, das Gesetz des Windwechsels für Jahre und Jahreszeiten bestimmt werden könnte. Allein alles dieses sind Punkte, die einer wissenschaftlichen Beantwortung noch ziemlich ferne liegen, wenn gleich dieselbe nicht für unmöglich zu halten ist. Aber einstweilen noch muß sich der Meteorolog damit begnügen, statt Prophet, Geschichtschreiber des Wetters zu sein. Für kleinere Zeiträume vielleicht könnte es dem combinirenden Verstande gelingen, die zunächst bevorstehenden Veränderungen des Windes und folglich auch des Wetters zu bestimmen, wenn sehr viele meteorologische Stationen durch elektrische Telegraphen mit einander verbunden würden, welche einander den Zustand der Luft im Westen und Osten, im Norden und Süden, und zwar nicht nur an der festen Oberfläche, sondern auch in den oberen Regionen der Atmosphäre mittheilten.

Zahlreiche Windaufzeichnungen ergeben das allgemeine Resultat, daß im westlichen Europa die Westwinde vorherrschen, indem auf 2 östliche Winde ungefähr 3 westliche kommen, und daß der rückkehrende Passat, als Südwest, sehr häufig den Nordost zu verdrängen vermag. Es sind dieses jährliche Mittelwerthe, von denen die Verhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten etwas abweichen. Denn weil das Festland im Sommer wärmer, im Winter kälter ist als das benachbarte Meer, so ist zu erwarten, daß in jener Zeit die Meereswinde, in dieser die Continentalwinde ein Uebergewicht haben. Es zeigen auch Beobachtungen in mehreren Gegenden der Schweiz, daß die Winde im Winter meistens südlicher sind als im Durchschnitte des Jahres; im Frühling erheben sich häufig Nordost- und Ostwinde, welche die Stärke der westlichen Luftströmung vermindern, dabei ist das Verhältniß der nördlichen Winde zu den südlichen wenig bestimmt, bald größer bald geringer als im jährlichen Durchschnitt; im Sommer erreicht das Uebergewicht der Süd- und Südwestwinde seinen größten Werth über die östlichen, zugleich werden die nördlichen häufiger; im Herbste ist das Uebergewicht der westlichen Winde kleiner, dagegen nehmen die südlichen Winde schnell zu, denn trotz der auf dem Mittelmeer herrschenden Nordwinde fangen besonders in dieser Jahreszeit die heißen afrikanischen Winde an durchzubrechen, so daß, namentlich im October, die Luftströmung näher am Süden liegt, als in irgend einem anderen Monat; es ist der Föhn, der bei den in dieser Jahreszeit länger gewordenen Nächten einen

besonders wohlthätigen Einfluß auf das Reifen der Trauben ausübt. Aber auch hier zeigen die Jahrgänge mancherlei Ungleichheiten, welche vorzugsweise durch das Vorherrschen und die Dauer der einen oder der anderen der beiden Hauptströmungen bedingt werden, und ebenso üben locale Verhältnisse und locale Winde einen Einfluß auf die Windrose einzelner Orte. In Basel ist die mittlere Richtung Südwest; im Winter jedoch ist durch östliche Winde die Richtung Südost, und im Frühling und Sommer wird die allgemeine südwestliche Richtung zu einer nordwestlichen. In Bern ist die mittlere Richtung im Jahr Nordnordost, im Winter ist die Richtung Südsüdost, in den übrigen Jahreszeiten aber sind Nordwinde vorherrschend, mit schwacher Ablenkung gegen Ost im Frühling und Herbst, gegen West im Sommer. Auch in Genf haben die Nordwinde im Jahresmittel das Uebergewicht, nur im Winter behaupten Südwinde den Vorrang.

Vierzehnter Brief.

Wetterregeln.

Aus Deiner Antwort auf meinen letzten Brief glaube ich schließen zu dürfen, daß Du hinsichtlich der Vorherbestimmung atmosphärischer Veränderungen von der Wissenschaft etwas mehr erwartet hast, als sie in Wirklichkeit bis jetzt zu leisten vermag. Allein wenn Du die vielartigen Ursachen bedenkst, welche sich in dem unermeßlichen Luftmeere theils unter einander gegenseitig, theils gemeinsam die Witterungsprozesse bedingen, so mußt Du zugeben, daß im Verhältniß der Zahl und der Dauer der vorhandenen Beobachtungen der menschliche Scharfsinn bis jetzt Großes geleistet hat, indem er mit sicherer Hand die feste Grundlage einer jeden künftigen Witterungskunde gelegt hat. Der Kern, die Grundverhältnisse, der hauptsächliche Zusammenhang der verschiedenen Witterungserscheinungen, die allgemeinen Regeln ihres Wechsels liegen in großer Einfachheit vor unserem Blicke, das Uebrige ist der Zukunft vorbehalten. Die Meteorologie ist aus ihrem Raupenstande erst herausgetreten, seitdem man angefangen hat, statt über das Wetter zu spe-

culiren, die Augen aufzumachen und den Erscheinungen fest in's Angesicht zu schauen, und da sie, um sicher vorzuschreiten, ein weites Beobachtungsnetz ausspannen muß und die Beobachtungen auf den außereuropäischen Stationen noch nicht weit zurückdatiren; so kann sie unmöglich schon den verschiedenen Anforderungen des Lebens an sie Genüge leisten, und am wenigsten den Wünschen derjenigen, welche die verkehrte Meinung haben, sie könne ihnen das Wetter prophezeien. Dem Gärtner, dem Landbauer und Schiffer wäre ein regelmäßiger Verlauf der Witterung, wie er zwischen den Tropen stattfindet, wohl erwünschter, als die geringe Regelmäßigkeit unserer Zone, und in einem Lande vollends, wie das unsrige, wo man oft kaum einen Tag vor einer Wetterüberraschung sicher ist, muß es ohne Zweifel für den, dessen Genuß und Lebensfreude von der jedesmaligen Stimmung des Himmels abhängt, in häufigen Fällen von Interesse sein, das kommende Wetter der nächsten Tage vorher zu wissen. Allein, wie Du nunmehr weißt, stehen alle Gegenden der Erde in einem ewigen Wechselverkehr, unaufhörlich strömt Luft vom Aequator nach den Polen, aus der nördlichen Halbkugel nach der südlichen und kommt wieder zurück, so daß die Witterung irgend eines Landes in Europa zugleich von der auf dem atlantischen Meere, in den Polargegenden, im Inneren von Asien und Afrika abhängt. Fehlt es an Beobachtungen aus diesen Gegenden, so kann der Meteorolog weder über die jetzige Witterung, noch viel weniger über die zukünftige etwas Bestimmtes sagen, der vielen localen Störungen des Witterungsverlaufes gar nicht zu gedenken. Offenbar also ist eine zuverlässige wissenschaftliche Vorausbestimmung des Wetters nicht nur schwer, sondern zur Zeit noch unmöglich, und vom Meteorologen verlangen, daß er das Wetter vorhersage, und daß er dies mit hinreichender Gewißheit thue, ist eine Zumuthung, deren Lächerlichkeit Niemand besser fühlt, als der Meteorolog selbst.

Wer nicht zu viel verlangt, kann aus dem Stand der meteorologischen Instrumente und der Beschaffenheit der Witterung im jetzigen Augenblick die künftige Witterung einigermaßen erkennen; aber er darf dabei nicht vergessen, daß in sehr vielen Fällen eine jede Vermuthung dieser Art nur als bloße Vermuthung angesehen werden darf, weil es dabei immer viele Momente gibt, welche sich der Beobachtung entziehen. Der Zusammenhang des Barometers mit den Veränderungen, die in der Atmosphäre vorgehen, und der Umstand, daß man die Variationen

des Barometers unmittelbar bemerkt, die atmosphärischen größtentheils erst mittelbar durch ihr in die Augen fallendes Resultat wahrnimmt, ist Veranlassung geworden, das Barometer zur Voranzeige des Wetters zu gebrauchen. Aber oftmals täuscht die steigende Queckfilbersäule die Hoffnung auf heiteres Wetter und nicht immer folgt der sinkenden unmittelbar Regen nach, denn der Druck der Luft kann sich vergrößern oder vermindern, ohne daß jedesmal Heiterkeit oder Niederschläge die unausbleiblichen Folgen sind. Das Queckfilber im Barometer ist in unseren Gegenden in einer ewigen Unruhe, welche aber nur zum Theil mit der Beschaffenheit der Witterung zusammenhängt, und so ist denn das Barometer zwar oft, aber doch nicht immer ein untrügliches Wetterglas, und es verriethe eine irrige Ansicht, dieses Instrument, welches zu den trefflichsten und lehrreichsten der gesammten Physik gehört, deshalb anklagen zu wollen. Das Nichteintreffen einer erwarteten Witterung ist keinem Fehler des Barometers, sondern nur einer fehlerhaften Ansicht von dem, was das Barometer zu leisten hat, zuzuschreiben. Wer das Princip nicht kennt, nach welchem das Barometer construirt ist, wird es auch schwerlich recht zu gebrauchen verstehen. Zu einem richtigen Gebrauch desselben gehört aber vor allen Dingen die Kenntniß des mittleren Standes, d. h. des mittleren Drucks der Atmosphäre, und diese setzt eine regelmäßig täglich wenigstens zweimalige zehn bis zwölf Jahre hindurch wiederholte Beobachtung desselben Instrumentes an demselben Orte voraus. Der mittlere Druck, den man so erhält, ist dann für einen gegebenen Ort eine constante Größe. Dann aber muß man beim Ablesen des Barometerstandes das Thermometer und die Windrichtung zugleich berücksichtigen. Die Temperatur wirkt durch ihren Einfluß auf die Hydrometeore auch mittelbar auf die Barometerhöhe ein. Der Druck der trockenen Atmosphäre wird vermehrt durch denjenigen des zu ihr tretenden Wasserdampfes, und die große Ungleichheit im Betrag dieses Dampfgehaltes muß entsprechende Schwankungen in der Höhe des Barometers hervorbringen. Der absolute Dampfgehalt der Atmosphäre aber und der davon abhängende Druck steigt und fällt mit der Temperatur, während der directe Einfluß der Temperatur auf das Barometer eine umgekehrte Wirkung hat, und es ist möglich, daß bald dieser directe Einfluß, bald der des Dampfgehaltes vorherrschend, bald der eine durch den anderen compensirt wird. Im Allgemeinen aber ist der directe Einfluß der Wärme größer als der des Dampfgehaltes, und

der Spielraum der barometrischen Schwankungen zeigt von demjenigen der Temperatur eine nicht zu verkennende Abhängigkeit. — Eine Vergleichung der barometrischen Windrose eines Ortes mit der thermischen führt im Allgemeinen zu der Regel, daß die wärmeren Winde mit den tiefsten, die kälteren mit den höchsten Barometerständen zusammentreffen. In Mitteleuropa zeigt das Barometer mit größerer Sicherheit den in der Atmosphäre vorherrschenden Wind an, als die Windfahne, die nur durch die Strömung einer einzelnen tieferen Luftschicht bewegt wird. In Verbindung mit dem Drehungsgesetz der Winde hat man daher für die nördliche Halbkugel die allgemeine Regel aufgestellt, daß bei Ost-, Südost- und Südwinden das Barometer fällt, bei Südwest aus dem Fallen in's Steigen übergeht, bei West-, Nordwest- und Nordwinden steigt und bei Nordost aus dem Steigen in's Fallen übergeht. Das Barometer steigt bei warmen Winden, weil die herströmende leichtere Luft geringeren Druck ausübt und durch das Erkalten an Elasticität verliert, es steigt aus dem umgekehrten Grunde bei kalten Winden. Die tiefsten Barometerstände gehören heftigen Stürmen an. Die Schwankungen des Barometers und die Winde gehen nämlich aus Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts hervor, die Atmosphäre wird daher das Bestreben, ihr Gleichgewicht wieder zu erlangen, um so stärker äußern, je größer die Störung ist. Es ist also natürlich, daß der Wind um so heftiger einfällt, je mehr das Barometer von seinem mittleren Stand abfällt. Eine relativ zu geringe Dichtigkeit der Luft hat einen ungewöhnlich geringen Luftdruck zur Folge, und dieser ruft Unterströme schwererer Luft herbei, deren Ankunft in der Regel ein starkes Fallen des Barometers vorhergeht, während des Sturmes aber und nach demselben steigt das Barometer, weil das gestörte atmosphärische Gleichgewicht durch den Sturm wieder hergestellt wird. — Für den größeren Theil von Europa kommen die Regenwinde aus Südwest und West, als feuchte Seewinde, und diese Winde sind zugleich die leichtesten, weil sie aus dem rückkehrenden Passat hervorgehen, das Barometer fällt daher vor dem Regen. Die Nordost- und Ostwinde dagegen sind trockene Landwinde und schwer, daher steigendes Barometer heiteres Wetter anzeigt. Wenn man aber diese beiden Winde in „Gutwetter- und Regenwinde" eintheilt, so ist diese Unterscheidung nicht durchgreifend; denn jeder Windwechsel kann durch Mischung ungleich warmer und feuchter Luft Niederschläge veranlassen, und umgekehrt kann bei jeder länger an-

haltenden Windrichtung heiteres Wetter eintreten, indem hiebei sich ein gewisses Gleichgewicht zwischen der Temperatur der Luft und ihrem Wassergehalt einstellt, vermöge dessen es nicht zur Sättigung kommt. Ist bei uns nach unbeständiger Witterung der Westpassat herrschend geworden, so fällt oft das Barometer noch tiefer, während gleichzeitig der Himmel sich vollständig aufhellt; wenn dann Nord- und Ostwinde einfallen, so steigt das Barometer, aber es erfolgt Trübung des Himmels und Niederschlag, welcher vorübergehend ist, wenn das Steigen anhält und der Ostpassat den Westwind zu verdrängen vermag, dagegen längere Zeit anhält, wenn sich der Kampf der Winde mit abwechselndem Erfolg fortsetzt, was durch das Schwanken des Barometers angezeigt wird. Fällt dagegen nach längerer trockener Witterung das Barometer, so zeigt dies ein Uebergreifen des Westwindes in der Höhe an, es bleibt aber noch mehrere Tage vielleicht hell, bis die relative Feuchtigkeit der ganzen Atmosphäre sich dem Maximum nähert, wo dann Regen eintritt. Bei jedem Wind steht das Barometer während des Regens unter dem mittleren Stand, der dem Wind entspricht, aber die Annahme, daß tiefes Barometer Regen, hohes Barometer hellen Himmel anzeige, ist irrig und beruht auf unrichtigen Ansichten über die Mengung von Gasen und Dämpfen. Kennt man an einem Orte den mittleren Barometerstand, welcher den verschiedenen Winden entspricht, so läßt sich aus dem Steigen oder Fallen desselben das bevorstehende Wetter so ziemlich sicher vorhersehen. Wenn bei Nord- und Ostwinden das Barometer mittleren Stand hält, so zeigt dies den ersten Eintritt der Süd- und Westwinde an, es erfolgt aber erst dann Regen, wenn das Barometer noch tiefer fällt, d. h. wenn die letzteren Winde vorzuherrschen beginnen. Der mittlere Stand bei Süd- und Westwinden zeigt an, daß durch höhere Temperatur die Elasticität noch ungeschwächt ist, wenn aber durch nördliche Winde Erkältung und dadurch Niederschlag und zugleich Verminderung der Elasticität erzeugt wird, so fällt das Barometer unter die mittlere Höhe.

Dies mag genügen, um Dir zu zeigen, was das Barometer als Wetterglas leistet. Wenn Du Dich gewöhnst, die Witterungsverhältnisse in der Natur selbst und an den meteorologischen Instrumenten gleichzeitig zu beachten, so wirst Du bei einiger Aufmerksamkeit Dir die für Deine Gegend geltenden Regeln abstrahiren und zugleich den Grad der Wahrscheinlichkeit dieser Regeln beurtheilen können.

Die Witterung der nächsten Tage können Dir auch die Wolken verkünden. Die Federwolke (Cirrus), welche den höchsten Räumen der Wolkenregion angehört, besteht aus jenen wunderbaren und sehr oft glänzend weißen Wolkengebilden, welche bald gleich ausgezupfter Baumwolle, bald gleich riesenhaften und doch zartgebildeten Schwungfedern und bald wie gekräuselte Locken über weite Strecken des Himmels sich ausdehnen. In ihrer reinsten Form zeigt diese Wolke feine und parallele Fäden, die von Süd und Südwest nach Nord und Nordost sich erstrecken, zu anderen Zeiten laufen davon andere parallele Fäden nach beiden Seiten aus, die nach einer dem Wind zugekehrten Spitze convergiren, eine Modification, die vom Volke „Windbäume" genannt wird. Der Cirrus ist die erste Wolkenart, welche nach anhaltend heller Witterung bestimmter hervortritt, und häufig tritt mit ihm eine Aenderung der Witterung ein; im Sommer folgt Regen auf das heitere Wetter, im Winter Thauwetter. Er ist der Voranzeiger des herabsinkenden Aequatorialstroms; denn wenn im Anfange seines Erscheinens die Windfahnen auch noch immer nördliche Winde angeben, so ziehen seine Wolkenfasern bereits mit südlichen, besonders südwestlichen Winden, das Barometer beginnt langsam zu sinken und bald nachher wehen die Südwestwinde auch am Boden. Aus der großen Höhe des Cirrus folgt, daß er in der Mehrzahl der Fälle aus Eisnadeln, d. h. aus Schnee besteht. Bei uns nennt man ihn an manchen Orten ganz richtig „Südwestwolke". Wenn der Aequatorialstrom das Uebergewicht erhält, so geht der Cirrus in die fedrige Schichtwolke (Cirro-Stratus) über, welche horizontale, aus zartfaserigen Wölkchen bestehende Schichten bildet. Die Wolke ist von einem stärkeren Hervortreten des allgemeinen Niederschlags begleitet, der Himmel erscheint milchig, es zeigen sich Höfe um Sonne und Mond, in der tieferen Atmosphäre bilden sich Haufenwolken, und gewöhnlich folgt Regen. Manchmal geht der Cirrus in die Schäfchenform über, wobei ein tieferes Niedersinken des Niederschlags stattzufinden scheint, und es ist, als ob derselbe zu kleinen runden, scharf begrenzten, in horizontalen Reihen geordneten Wolken gerinne. Sie lösen sich häufig wieder auf und sind gewöhnlich die Vorboten warmen, schönen Wetters. Jene Bewölkung, deren Anblick Dich am letzten Tage Deines Aufenthaltes in den Alpen so sehr überrascht hat, gehörte dieser Wolkenform, oder dem Cirro-Cumulus an. Der Cirro-Stratus erscheint bei uns als eine Wolkenbank am westlichen

Horizont, wenn Südwestwinde in der höheren, und bald auch in der tieferen Atmosphäre den Nordost zu verdrängen anfangen, nach und nach steigt die Wand höher und verbreitet sich als Regenwolke (Nimbus) über den größeren Theil des Himmels. Die Haufenwolke (Cumulus) zeigt sich in einfachster Form als eine zu einer Halbkugel aufgequollene Masse, mit horizontaler Grundfläche; es häufen sich bald mehrere solcher Halbkugeln und bilden alsdann jene Wolkengebirge, die entweder ein glänzendes Silberlicht reflectiren und dadurch zur Vermehrung der Tageshelle beitragen, oder zum Theil beleuchtet, zum Theil dunkel schattirt sind. Die fast beständig sich ändernden Umrisse dieser Wolken geben ihnen Aehnlichkeit mit mancherlei Gestalten und haben von jeher der Phantasie des Dichters und des Volkes einen weiten Spielraum gelassen. Diese Wolke, welche nie die Höhe des rein ausgebildeten Cirrus erlangt, entsteht durch den aufsteigenden Luftstrom, welcher die Dämpfe nach den oberen und kälteren Schichten führt, es entstehen Wölkchen, die sich schnell vergrößern und zu bauchigen Gestalten anschwellen, die meist scharf begrenzte Ränder haben. Je lebhafter bei zunehmender Wärme der Luftstrom aufsteigt, desto höher erheben sich Dämpfe und Wolken, und in Folge der geringeren Temperatur in größerer Höhe werden die letzteren immer größer und dichter, so daß davon um Mittag ein beträchtlicher Theil des Himmels überzogen ist. Sowie der aufsteigende Luftstrom gegen Abend an Lebhaftigkeit abnimmt, sinken die Wolken wieder herab, und indem sie in wärmere Luftschichten kommen, lösen sie sich entweder wieder in unsichtbaren Wasserdampf auf, oder es bleiben von ihnen noch vereinzelte kleinere Bruchstücke übrig. In diesem Falle hat man keinen Regen zu gewärtigen; wenn aber die herabsinkenden Cumuli zahlreicher oder größer werden, eine dunklere Färbung annehmen, molligere, weniger glänzende Ränder zeigen, sich in der Höhe mit federigen Schichtwolken verbinden, die oft einem anderen Winde als die Cumuli folgen, oder in den Cumulo-Stratus übergehen; so sind Regen oder Gewitter bald zu erwarten, indem die Erscheinung beweist, daß die Atmosphäre in größerer und mittlerer Höhe viel Feuchtigkeit enthält. Die Schichtwolke (Stratus) entsteht in der freien Atmosphäre, wie der Nebel über dem Boden. Seine Bildung in der wärmeren Jahreszeit läßt auf allgemeiner verbreitete Feuchtigkeit, oder auf schnelles Eintreten eines kalten Windes schließen. Im ersteren Fall erfolgt anhaltender Regen, im letzteren

können vorübergehende Regenschauer vorkommen, aber die Wolke zerreißt, „bricht“ bald wieder und der Himmel klärt sich auf.

Bekannt sind Dir ohne Zweifel die Wetterregeln des Volkes, welche sich theils auf atmosphärische Vorgänge, theils auf Beobachtungen an Pflanzen und Thieren beziehen. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß der Zustand der Atmosphäre auf alle Organismen einwirkt, wir empfinden es gar oft in unserer eigenen Gemüthsstimmung, oder in dem Jucken längst vernarbter Wunden, oder in Schmerzen der Glieder, welche mit Rheumatismen behaftet sind. Aber gewöhnlich sind wir nicht so feine Beobachter für kleine Unterschiede des Luftzustandes, als gewisse Pflanzen und Thiere, deren ganze Lebensthätigkeit davon abhängig ist, oder deren Organe besondere Eigenschaften besitzen, vermöge welcher sie den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre wie die künstlichen Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer) einigermaßen verrathen. Das regelmäßige Oeffnen und Schließen mancher Blumen zu gewissen Stunden ist bekannt. Dies brachte zuerst den bekannten Naturforscher Linné auf den Gedanken einer „Blumenuhr“, d. h. einer Zusammenstellung von Pflanzen in Töpfen oder im Boden, deren Blumen sich zu verschiedenen Tageszeiten öffnen und zu anderen wieder schließen. Es gibt aber auch eine ganze Anzahl von Pflanzen, welche ein bestimmtes Verhalten gegen das Wetter zeigen, indem sie nicht blos während, sondern auch schon vor Veränderung desselben entweder durch ihr ganzes Aussehen oder durch Bewegung einzelner Theile Anzeichen davon geben. Man hat solche Pflanzen „Barometerblumen“ genannt und aus ihnen Zusammenstellungen zu Blumenbarometern versucht. Solche Pflanzen sind:

1) die Vogelmiere, Hühnerdarm (Alsine media L.), welcher bei heiterem Wetter des Morgens gegen 9 Uhr seine Blümchen in die Höhe richtet, seine Blätter entfaltet und den Tag über wachend bleibt; wenn aber Regen bevorsteht, so läßt er sein Blümchen geschlossen abwärts hängen.

2) Die Regenringelblume (Calendula pluvialis) pflegt gewöhnlich ihre Blumenblätter zwischen 6 und 7 Uhr zu öffnen und nur bis Nachmittag 4 Uhr zu wachen; man kann aber noch vor einbrechender Nacht auf Regen rechnen, wenn sie noch nach 7 Uhr schläft.

3) Der gemeine Rainkohl (Lapsana communis) zieht in der Regel seine Blumenblätter des Abends zusammen und schläft die Nacht

hindurch, wenn er aber die ganze Nacht wacht, so bringt der folgende Tag gewöhnlich Regenwetter.

4) Das europäische Sternblümchen, Dreifaltigkeitsblümchen (Trientalis europaea) läßt bei bevorstehendem Regen seine Blätter alle abwärts hängen. Dasselbe thut

5) das Frühlingshungerblümchen (Draba verna).

6) Der gemeine Sauerklee zieht bei Regen oder Gewittern die dreizähligen Blätter zusammen.

7) Die sibirische Gänsedistel (Sonchus sibir.) zeigt das heitere Wetter des folgenden Tages dadurch an, daß sie ihre Blume Nachts verschließt; dagegen tritt Regen ein, wenn die Blume des Nachts geöffnet bleibt.

8) Wenn sich der gemeine Löwenzahn (Leontodon taraxacum) aufschließt, so tritt gewöhnlich Regen ein.

9) Schwillt der Wiesenklee (Trifolium pratense) in der Stengelgegend, während er seine Blätter sinken läßt, so ist Regen zu erwarten.

10) Sehr empfänglich für die Einflüsse der Witterung sind auch das schmalblättrige Weidenröschen (Epilobium angustifolium), der Ackergauchheil (Anagallis arvensis) u. a. m.

Die Ursache dieser Erscheinungen ist verschiedenartig. Bekannt ist die Einwirkung von Licht und Wärme; hinsichtlich der Einwirkung der Feuchtigkeit und Trockenheit verhalten sich viele Pflanzen hygroskopisch, indem sich die Theile, gleich Haaren, Darmsaiten u. dgl. in der Feuchtigkeit verlängern, in der Trockenheit verkürzen, so daß sie Blumen und Blätter entweder hängen lassen oder aufrichten.

Fünfzehnter Brief.

Das Volk.

Mit dem letzten Briefe kannst Du meine Mittheilungen über die klimatischen Verhältnisse der Schweiz als geschlossen betrachten. Fasse ich Alles in wenige Worte zusammen, so gibt die geographische Lage der Schweiz im mittleren Strich der gemäßigten Zone, ihre Höhe über dem Meer, die herrschenden Winde, der Einfluß der

Alpen unserm Lande ein eigenthümliches Klima, das, indem es alle Vorzüge eines die Muskeln straff haltenden Continentalklimas mit genügender Feuchtigkeit besitzt, auf die Entwicklung ihrer Bewohner nothwendig vortheilhaft einwirkt und ihnen den Charakter thätiger, ausdauernder, beharrlicher und muthiger Menschen gibt. Dies beweist ihre Geschichte ebenso wohl als ihr Gewerbsfleiß und der Anbau des Landes. Das fruchtbare, von Thälern so mannigfach durchschlungene Hügelland ist ein großer Garten; überall emsig angebaut, wo der Boden ertragsfähig ist, wechseln herrliche Getreidefelder und üppige Wiesen mit köstlichen Obsthainen und Weinbergen; steigt das Auge vom tiefen Thal aufwärts zu den niederen Bergen und Voralpen, so erblickt es auch dort noch an den günstigen Gehängen die Cultur verbreitet, die sich tief in die Alpenthäler hinein erstreckt; zahlreiche Dörfer und überall zerstreute Häuser, zwischen den Feldern grüne Hecken und schöne Fruchtbäume, dabei die Häuser mannigfach gestaltet nach Localität und Bedürfniß, alles das ist ohne Zweifel ein Zeichen von großer ausdauernder Thätigkeit und sehr individueller, folglich hoher Entwickelung ihrer Bewohner; denn durch die ganze Natur gilt das Gesetz, daß die Individualisirung mit der Entwickelung steigt. Freilich hat in letzterer Beziehung die Mannigfaltigkeit der Bodenformen und der Wasservertheilung einen eben so großen Einfluß ausgeübt als das Klima und eine sehr zahlreiche Bevölkerung möglich gemacht, und überall, wo das Klima durch die relative Höhe und die eigenthümliche Plastik des Bodens modificirt wird, da hat sich diese Eigenthümlichkeit mehr oder weniger deutlich auch im Geist und Charakter des Volkes ausgeprägt. So viele landschaftliche Individualitäten die Schweiz darbietet, so vielen begegnen wir auch beim Volke, ganz abgesehen von der Stammverschiedenheit. Einförmigkeit der Umgebungen befördert selten eine höhere Entwickelung, noch weniger thut dies ein müheloses Dahinleben; im Kampfe mit den Elementen und Umständen entwickeln sich und erstarken die Organe.

Doch werden wir unsere nationale Eigenthümlichkeit, die den Fremden in so vielen Dingen überrascht, nicht allein den klimatischen Einflüssen und den physischen Ursachen zuschreiben dürfen. Das Klima zeigt allerdings seine Einwirkung auf entschiedene Weise zunächst bei den Pflanzen und Thieren, es erzeugt überdies gewisse Bedürfnisse und läßt andere, die mit ihm unverträglich sind, nicht aufkommen, und erschafft bald Mittel, bald Hindernisse, dieselben zu befriedigen. Dadurch

übt es einen unmittelbaren Einfluß auf die Lebens- und Nahrungsart des Menschen und einen mittelbaren auf die Natur seiner Arbeit und den Entwickelungsgang seiner Cultur. Obgleich sich daher der Mensch auch in den gemäßigten Himmelsstrichen, wo die klimatischen Einflüsse nicht mehr das Uebergewicht haben, wie in der kalten oder heißen Zone, niemals ganz der Herrschaft derselben entziehen kann, so bedingen hier doch die geistigen und moralischen Ursachen sehr viel, und die Freiheit überflügelt und besiegt die physische Nothwendigkeit. Nur in den höheren Alpenthälern übt das Klima auf den Charakter und die Neigungen des Volkes einen entscheidenden Einfluß, sonst aber verdankt die Schweiz ihre blühende Bodencultur, ihre zahlreichen wohnlichen, zum Theil schönen Dörfer und ihre vielen öffentlichen Anstalten und Unternehmungen aller Art, welche die augenscheinliche Sorgfalt sowohl der Gemeinden und Privaten als des Staates für das Gemeinwohl beurkunden, hauptsächlich ihren republikanischen Einrichtungen. Mit der Freiheit geht überhaupt die productive Kraft und der Wohlstand eines Volkes Hand in Hand, und aus dem Wachsthum der materiellen Reichthümer und der productiven Kräfte der Einzelnen schöpft hinwiederum die Vervollkommnung der politischen und gesellschaftlichen Institutionen ihre Nahrung. Unsere Freiheit besteht aber nicht in einer unbedingten Gleichheit der Formen, in einer tödtenden Uniformität, sie ist Einheit der vielfältigsten, ungehindert sich entfaltenden Kräfte, und dieses ist das charakterisirende, mit der ganzen Natur unsers Landes in Harmonie stehende Leben unsers Volkes. Dabei bestimmt bei uns nur die Würdigkeit und das Verdienst, und nicht der Zufall der Geburt, den Platz und Wirkungskreis, den jeder Einzelne in der Gesellschaft einnimmt, und die Achtung des Volkes ist in der Regel das vollgültigste Zeugniß persönlicher Würdigkeit. Auch entfernen unsere republikanischen Einrichtungen Alles, was die nothwendige Ungleichheit unter den Menschen stabil und erblich macht und die Ungerechtigkeit des Glücks verewigt. Wenn das Gefühl, daß die Wohlfahrt der Republik das persönliche Interesse eines Jeden ist, daß sein Vermögen, sein Glück mit dem des ganzen Landes steigt, immer mehr zum lebendigen Bewußtsein wird; so kann man sich, Angesichts unserer neuen Institutionen und der unermüdlichen Strebsamkeit des größeren Volkstheiles, des Gedankens und der Hoffnung nicht erwehren, daß es unserem Lande aufbewahrt sei, noch vielen Segen zu verbreiten.

Unter den äußeren Einwirkungen auf unser Volk darfst Du endlich auch unsere Geschichte nicht unbeachtet lassen, welche bis auf diesen Zeitpunkt abgelaufen ist. Denn mit ihr ist ein Grad der Cultur, ein nationales Gefühl und Gewissen verbunden, wovon jeder Einzelne in allen Punkten seiner Lebensbahn mächtig gelenkt und gehoben werden kann. Und derjenige Abschnitt unserer Geschichte, welcher zunächst hinter uns liegt, ist wohl geeignet, dem Volke seinen gegenwärtigen Werth begreiflich zu machen, ihm neben dem Stolz auf die älteren Zeiten Freudigkeit an dem jetzigen Augenblick und den gewissesten Muth auf die Zukunft einzuflößen, sowie den irregehenden Wünschen der Parteien das rechte Ziel zu zeigen und die verkehrten Bestrebungen derjenigen zu vereiteln, welche entweder in der Verblendung des Eigennutzes meinen, man könne jede Entwickelung auf einem beliebigen Punkte festhalten, oder welche die geistige Knechtschaft zum Hofmeister der Civilisation und Freiheit des Volkes machen möchten.

Die Alpen.

Sechszehnter Brief.

Die Gestalt der Oberfläche.

Wir betreten nun den festen Boden unsers Landes, und da ist das erste, was sich der Betrachtung darbietet, das Relief oder der plastische Bau desselben, welchen ich Dir in einigen allgemeinen Zügen zu zeichnen versuchen will.

In dem Gebirgsland, welches die Grenze von Frankreich und Italien bildet, und wo der Po und die Dürance ihre ersten Zuflüsse haben, befindet sich, wie uns Studer in seiner Geologie der Schweiz lehrt, die gemeinschaftliche Wurzel dreier Gebirgssysteme, welche sich von da aus, gabelförmig aus einander laufend, nach Osten erstrecken. Das eine dieser Systeme ist der Apennin, welcher als Fortsetzung des alpinischen Kreisbogens erscheint und Piemont vom ligurischen Meere trennt. Der Jura, in Frankreich noch eng mit den Alpen verbunden, entfernt sich, dem Apennin entsprechend, gegen die Schweiz hin immer mehr von denselben, durchzieht zuerst den Westen, dann den Norden der Schweiz, wo er ihre Grenzen überschreitet, als ununterbrochener Wall bis zur Donau reicht und jenseits derselben nach Württemberg und Baiern übertritt. Zwischen diesen beiden Systemen in der Mitte umzieht das mächtige System der Alpen in einem Halbkreis zuerst die Ebenen von Piemont, und bildet dann, in der Gegend des Montblanc eine bleibende nordöstliche Richtung annehmend, die Grenze von der Schweiz, von Deutschland und Italien. Nach Außen werden die Systeme des Jura und der Alpen entweder von Niederungen oder durch fremdartige Gebirgssysteme begrenzt, im Inneren der Schweiz aber durch ein Mittelland getrennt, welches als das großartigste Thal Europas von den

Ufern des Genfersees bis weit über den Bodensee hinaus sich ausdehnt und wegen seiner beträchtlichen Höhe über dem Meere als Plateau angesehen werden kann.

Wir haben also in der Schweiz drei große Bodenformen zu unterscheiden, welche sich als eben so viele besondere Naturgebiete geltend machen: das hoch in die Atmosphäre emporragende Alpenland, welches den ganzen Süden und den Osten der Schweiz bis nahe an den Bodensee mit seinen vielgestaltigen Gipfeln, Ketten, Tafellandschaften und Thälern erfüllt und auf der Nord- und Südseite durch zwei Seenzonen von merkwürdiger Schönheit eingefaßt ist; die größte Gipfelerhebung beträgt 12000 bis 14000 Fuß, die mittlere Kammhöhe 7600 Fuß und die Höhe der Pässe 6000 bis 8000 Fuß; — das mehrere tausend Fuß unter der Schneelinie zurückbleibende Mittelgebirg des Jura, welches, den Charakter des Tafellandes mit dem des Kettengebirges vereinigend, den Westen und den nördlichen Theil der Schweiz durchzieht mit meist geradlinig fortlaufenden Rücken, und aus langgedehnten Hochflächen und parallelen Gewölbketten gebildet ist; die mittlere Höhe des Jura, dessen höchste Gipfel über 5000 Fuß ansteigen, ist im Westen 3000, im Osten 2000 Fuß; — endlich den fruchtbarsten und bevölkertsten Theil der Schweiz, das Mittelland, mit mannigfaltiger Wasservertheilung, niederen Berg- und Hügelreihen, vielfach durchschlungen von Thälern, welches auf der West- und Nordseite vom Jura, auf der Süd- und Südostseite von den höheren Voralpen und im Südwesten und Nordosten von den zwei größten Seebecken begrenzt wird und im unteren Saanegebiet gegen 1800, im mittleren Gebiet der Thur etwa 1500 und bei der Vereinigung von Aar, Reuß und Limmat etwas über 1000 Fuß Höhe hat. — Der Anblick des Jura hat bekanntlich vom Mittellande aus etwas Einförmiges, weil er nicht, wie die Alpen, durch Gipfelbildung ausgezeichnet ist, und seine innerste Kette mauerartig gegen das Hügelland abfällt; dagegen bieten die Alpen ein mannigfaltiges, reizendes Panorama dar, da ihnen ein Kranz grüner Bergreihen vorgelagert ist, über den sich im Hintergrunde die weißen Ketten mit ihren höchst mannigfaltig abwechselnden Gipfelformen erheben. Am überraschendsten aber ist das Bild, wenn man sich vom Jura her dem Mittellande nähert; erreicht man eine der vordersten Juraketten, so weißt Du wohl, daß wie mit einem Zauberschlage die lange Schneemauer der Alpen vor dem staunenden Blick sich ausbreitet, und zwischen

ihnen und dem Standpunkte ein großer Garten voll lieblicher Abwechselung. Du hast auf Deiner Alpenwanderung keinen der Hochgipfel erstiegen, aber Du glaubst vielleicht, daß von ihnen aus, die von einer reinen dünnen Luft umweht sind, die überwundene Anstrengung des Steigens durch den Genuß einer ausgezeichneten Fernsicht belohnt werden müsse. Allerdings gewährt der Kranz der Gebirge, den man von den Hochgipfeln übersieht, einen großartigen und wundervollen Anblick, aber nach der Tiefe hin nehmen, selbst beim herrlichsten Wetter, alle Gegenstände in einiger Entfernung eine unbestimmte, düstere Gestalt an. Während man gleichzeitig an hellen Tagen vom Weißenstein aus die Jungfrau und das Finsteraarhorn in voller Klarheit prangen sah, so war dagegen von diesen Alpengipfeln der Jura kaum erkennbar und die dämmernde Tiefe des ganzen nördlichen Horizonts verschmolz mit der dunkeln Farbe des Himmels. Es ist eine allgemeine Beobachtung, daß die Luft von oben nach unten weniger durchsichtig erscheint als umgekehrt, und wenn man eben deshalb von den genannten Spitzen nicht einmal die nahen Seen von Neuenburg und Biel zu unterscheiden vermag, so ist man vom Monterosa eben so wenig im Stande, die entfernteren Gegenstände der lombardischen Ebene deutlich zu unterscheiden. Um an hellen Tagen die Wunder der Alpenwelt und die Schönheit der fruchtbaren Gefilde des Mittellandes deutlich zu übersehen, eignen sich niedrigere Berge viel besser, die Alpen liegen in der ganzen Mannigfaltigkeit ihrer Scenerie in großer Klarheit vor dem Blick und das niedere Land ist nicht, wie von Hochgipfeln gesehen, von einem grauen Duft verhüllt, sondern erscheint in voller Deutlichkeit. Eine größere Höhe würde den Umblick von einem solchen Berge nicht wesentlich verschönern; er muß hoch genug sein, um die Nachbarberge zu überblicken, nicht zu hoch für die Deutlichkeit des Zunächstliegenden, kommt dann noch eine frei stehende Lage am äußersten Rande des höchsten und zerrissensten Theiles der Alpen hinzu; so werden wir von einem solchen Berge eine großartige und zugleich schöne und anmuthige Aussicht genießen. Der Rigi besitzt alle diese Eigenschaften in einem ausgezeichneten Grade und zudem ist er auf eine merkwürdige Weise rings von Seen und Thälern umgeben, weshalb er unter den berühmtesten Aussichtspunkten Europas immer eine der ersten Stellen einnehmen wird.

Ich habe Dir vorhin die mittlere Kammhöhe der Alpen und des Jura, sowie die mittlere Höhe des zwischen ihnen liegenden Plateaus

angegeben. Wie bei barometrischen und thermometrischen Angaben, gewährt auch die aus den bekannten Höhenwerthen gefundene Durchschnittszahl den wahren Maßstab für die allgemeinen Höhenverhältnisse eines Landes. Will man mehr in's Einzelne eingehen, so erlangt man eine annähernde Vorstellung von der Gestaltung des festen Bodens durch das Gefälle und die Richtung des Laufes der Flüsse, welche entweder zu demselben oder zu verschiedenen Stromgebieten gehören. Verfolge z. B. auf der Karte den Lauf des Rheines mit seinen Nebenflüssen bis nach Basel, oder den Lauf der Aar mit allen ihren Contribuenten, so bekommst Du allerdings ein Bild von der Abdachung des Bodens, wenn Dir die absolute Höhe einer hinreichenden Anzahl von Punkten dieser beiden Stromgebiete bekannt ist. Allein weil der Boden sich flußwärts oftmals höher hebt, wenn gleich das Wasser sich tiefer einschneidet, und weil nicht selten einzelne Bergketten ganz durchbrochen werden, so gewinnt man aus der Beziehung des Flüssigen auf den festen Boden nie ein treues Bild von der Plastik des Bodens, ganz abgesehen davon, daß Thalgründe, Abhänge und Terrassen der Berge, Gebirgskämme und Gebirgseinschnitte außer dem Bereich der Gewässer liegen. Viel besser wird der stete Wechsel von Hohem und Tiefem, von Gebirgen und Thälern durch Profile, und noch deutlicher durch Basreliefs veranschaulicht. Vielen der neuesten Karten sind treffliche Profile beigegeben, und in Zürich befindet sich eines der vorzüglicheren Basreliefs. Hier kann ich Dir nur mit einigen Höhenangaben zu Hülfe kommen, welche Dir jedoch nur ein unvollkommenes Bild vom Relief unsers Landes geben können. Denke Dir zuerst eine Linie vom Montblanc nach Pruntrut gezogen, so erhältst Du folgende absolute Höhen: Montblanc 14760, Martinach 1450, Genfersee 1154, Bretsee 2150, Orbe 1370, Neuenburgersee 1339, Chasseral 4955, Pruntrut 1364 franz. Fuß. Eine zweite Linie vom Monterosa nach Basel gibt folgende Meereshöhen ebenfalls in franz. Fuß: Monterosa 14220 (14400), Bryg 2050, Finsteraarhorn 13153, Thun 1760, Bern 1656, Solothurn 1312, Weißenstein (Röthi) 4304, Mümliswyl 1714, Paßwang (Signal) 3719, Basel 899 franz. Fuß. Eine dritte Linie vom Langensee bis Coblenz zeigt folgenden Höhenwechsel: Langensee 636, Bellinzona 720, Irnis 1098, Faido 2292, Airolo 3540, Gotthard (Paß) 6650, Andermatt 4450, Wasen 2850, Amsteg 1700, Luzernersee 1350, Sursee 1610, Brugg 1080, Coblenz 1010 franz. Fuß. Vom Bernina zum

Bodensee ergeben sich folgende Höhen: Bernina über 12000 franz. Fuß, Silvaplana 5600, Tiefenkasten 2754, Lenzerheide 4980, Chur 1780 (1834), Sargans 1580, Sentis 7703, St. Gallen 2020, Bodensee 1200 franz. Fuß. Denke Dir endlich noch folgende zwei Linien in der Längenausdehnung gezogen: Genfersee 1154, Freiburg 1870, Bern 1656, Aarau 1140, Zürich 1250, Hörnli 3580, Bodensee 1200 franz. Fuß, und: Dent de Midi 9800, Martinach 1450, Sitten 1617, Bryg 2050, Obergestelen 4360, Furcapaß 7493, Realp 4730, Andermatt 4450, Oberalppaß 6174, Dissentis 3650, Ilanz 2280, Reichenau 1880, Chur 1780 (1834) und Scesaplana 9131 franz. Fuß.

Aus den Höhenangaben der dritten Linie ergibt sich vor allen Dingen eine steilere Abdachung der Alpen nach Süden als nach Norden, sie ruhen mit ihrem Südfuße auf einer tieferen Grundlage als mit ihrem Nordfuß, weshalb sie in der Poebene überall wie eine riesenhafte Mauer erscheinen. Vergleichst Du in der ersten, vierten und letzten Linie die Höhenangaben aus dem Rhone- und Vorderrheinthal mit einander, so zeigt es sich, daß die Grundlage auch im Westen tiefer liegt als im Osten, und da im Westen die Gipfelerhebung bedeutender ist als hier, so erheben sich dort, bei der tiefen Thaleinsenkung, die bedeutenderen Gipfel zu Höhen von 10000 bis 12000 über das Niveau des Rhonethales, während die relative Höhe des Dödi nicht 7500 Fuß über Dissentis beträgt. So ist es auch im Berner-Oberland, wo die Spitze der Jungfrau, bei einer absoluten Höhe von 12870 Fuß, sich 10420 Fuß über die Thalsohle von Lauterbrunnen erhebt. Im westlichen Theil unserer Alpen entsprechen also den höchsten Gipfelerhebungen die tiefsten Thaleinsenkungen, und wir treffen demnach hier einen Gegensatz von Hoch und Tief, wie er in anderen Theilen unserer Alpen nicht vorkommt. Die höchste Spitze des Bernina hat 12476 Fuß (nach Anderen 13500) absolute Höhe, und es gibt in wenigen Gegenden der Alpen auf einem kleinen Raume, wie hier, eine so große Zahl Gipfel, die 10000 Fuß Meereshöhe theils erreichen, theils überschreiten; allein der Höhenunterschied zwischen Thal und Spitzen beträgt blos etwa 5000 bis 7000 Fuß. Diese Erscheinung rührt daher, daß das Fundament oder die Gesammtgrundlage, auf welcher sich der Alpenbau zu erheben scheint, seine größte Anschwellung erreicht um den Gotthard und 10 Meilen östlich davon um den Bernina und Julier, oder daß vielmehr hier der Charakter der Tafellandschaft ganz vorzüglich ausgeprägt

ist, wie Du aus der dritten, vierten und letzten Linie entnehmen kannst. Wirklich treffen auch hier die Gebiete von vier Meeren zusammen. Der Rhein, die Reuß, die Linth, die Aar fließen zur Nordsee, die Rhone geht zum westlichen Mittelmeer, der Tessin, die Maira u. a. fließen dem adriatischen Meere zu, der Inn endlich geht weit nach Osten zum schwarzen Meere, und alle diese Flüsse sammeln ihre Quellwasser um den Gotthard und Bernina herum. — Das Mittelland stellt sich als eine schiefe Ebene dar, deren Oberkante am Nordfuß der Alpen liegt und von da in einer der Längenausdehnung der Alpen entsprechenden Neigung im Allgemeinen nach Nordwest sich absenkt, wie dies die Richtung der meisten Flußläufe zeigt. Die Unterkante dieser schiefen Fläche zieht sich mit abnehmender Höhe nach Osten hin dem Fuße des Jura entlang und bildet dort eine Hauptrinne für die Gewässer des Jura und der Alpen.

Das System des Jura, das anfangs auf eine kleine Strecke eine nördliche Richtung hat, dann sich allmälig in eine nordöstliche und östliche umbiegt, zeigt ein mannigfaches Gehoben- und Geborstensein der Erdrinde mit sehr vielen Querbrüchen, durch welche die Ketten oft bis auf die Sohle geborsten sind. Es besteht aus drei und mehreren schmalkantigen Bergketten, welche mit einander nahezu parallel laufen und in langen Linien fast unverändert fortziehen, hie und da durch einen Einschnitt unterbrochen oder in schwachen Spitzen aufragend. Im Aargau von der Aar, Reuß und Limmat durchbrochen, fließen gegen diese Gebirgsöffnung hin die vereinigten Gewässer des größten Theiles der Hochebene und durch dieselbe dem Rheine zu, der durch diese Stromrinne die Hauptwassermasse der Schweiz empfängt. Zwischen diesen Ketten liegen relativ hochgelegene Längenthäler, die unter sich durch enge, kurze, oft spaltenähnliche Querthäler verbunden sind, und mit den Parallelketten dem Gebirg die ihm eigenthümliche, einförmige Gliederung geben. Die innerste und höchste Kette bildet den Steilabfall des Jura gegen die Hochebene. Diese Kette zeigt die eigenthümliche Erscheinung, daß sie oft nach kurzer Erstreckung plötzlich abbricht, um die hinter ihr befindliche in den Vordergrund treten zu lassen, bis auch diese wieder aufhört und der hinteren den Vorrang läßt. So bilden sich in der Richtung des Horizontes treppenartige Absätze, ohne welche das Mittelland eine nicht unbeträchtlich geringere Breite haben würde.

Die Jurakette und der Gebirgskamm von Dent de Morcles bis

zum Calanda mit ihren Abdachungen und Vorbergen bedingen die Physiognomie des größeren Theiles der Schweiz. Dazu kommen dann noch in Graubündten die krystallinischen Centralmassen des Selvretta, des Bernina, des Vogelberges, in Graubündten und Tessin die des Gotthard, und in Wallis die Centralmasse des Monterosa, der Dent Blanche mit Monte Leone. Alle diese Centralmassen, zu denen noch die des Finsteraarhorns gezählt werden muß, geben, wie Du später noch sehen wirst, den Alpen einen sie auszeichnenden Charakter, sie tragen bei zu ihrer malerischen Schönheit, aber auch vorzugsweise zu der großen Verwicklung des Systems, die stark gegen die Einförmigkeit des Jura absticht. Dennoch ist in der westlichen und nordöstlichen Schweiz eine bestimmte Gliederung zu erkennen, und nur in der südöstlichen, wo die Alpen den Charakter der Tafellandschaft stark ausgeprägt hervortreten lassen, welcher langen Thaleinschnitten und gestreckten Kämmen nicht günstig war, tritt sie mehr zurück. Du kannst zwei Hauptgebirgskämme der Alpen unterscheiden, die sich in der Längenausdehnung des Systems erstrecken, und die ich den südlichen und nördlichen nennen will. Der erstere tritt aus Savoyen in die Schweiz ein, zieht sich an der südlichen Grenze von Wallis gegen den Gotthard, von da zwischen Bündten und Tessin südlich und durch den erstern Kanton, sich verdoppelnd, nach dem Tyrol; der letztere beginnt mit dem Morclesstock, hält sich auf der Grenze von Wallis und Bern bis zum Gotthard und zieht sich dann weiter östlich bis zum Calanda, die Grenze von Uri, Glarus, St. Gallen und Graubündten bildend. Fast in der Mitte beider Kämme nähert sich der südliche durch eine Biegung dem nördlichen, und zwar da, wo die Grundlage der Alpen ohnehin schon eine ihrer höchsten Anschwellungen hat. Dadurch wurde eine tiefe Thaleinsenkung zwischen den beiden dort befindlichen Centralmassen des Gotthard und Finsteraarhorns unmöglich, wir finden vielmehr dort ein Hochland mit vielen Gipfeln, Längen- und Querjochen und gemeinschaftlichem Fuß. Aber es gibt sich, bei näherer Betrachtung des Kartenbildes, eine noch auffallendere Gleichförmigkeit in der Anordnung und Gliederung der alpinischen Gebirgsmassen zu erkennen, als die angeführte ist. Der ganze südliche Gebirgskamm sendet beträchtliche Aeste nach Süden und Norden, der nördliche nur in letzterer Richtung; der nördliche Kamm, welcher ganz der Schweiz angehört, endigt im Westen und Osten in fast gleichem Abstande vom Gotthard mit zwei Bergen von fast gleicher Höhe, und die Gipfel-

erhebung in demselben nimmt von ihnen bis in die Nähe des Gotthard zu, während der südliche Kamm seine höchsten Spitzen mehr gegen die äußeren Flanken hin zeigt; vom südlichen Kamme lösen sich große Aeste in nördlicher Richtung ab, welche das schweizerische Alpengebiet im Osten und Westen gegen Tyrol und Savoyen abgrenzen; zwischen beiden Kämmen dehnen sich die zwei großen Längenthäler der Rhone und des Vorderrheins aus, welche vermittelst der Längenjoche der Furca und Oberalp und des mittleren kleinen Längenthales von Ursern zusammenhangen; beiden Längenthälern liegen die großen Seitenthäler im Süden, und statt daß jene durch die beiden großen Grenzgebirgsarme, welche sich den zwei Eckpfeilern des nördlichen Kammes, dem Calanda und Morclesstock, nähern, geschlossen werden, verbinden sich mit ihnen bei Martinach und Chur, ungefähr gleich weit vom Gotthard, zwei Querthäler, durch welche ihren beiden Strömen der Abfluß nordwärts zum Mittelland und zu den zwei großen Grenzseen gestattet ist; fast senkrecht endlich auf die Richtung der beiden Längenthäler ziehen sich vom Gotthard zwei Querthäler nach Süden und Norden, das Querthal des Tessin und das der Reuß, welchem letzteren sich westlich und östlich die beiden Querthäler der Aar und Linth anreihen. In Graubündten liegen zwischen den zwei großen Längenthälern des Vorderrheins und des Inn die zwei kleineren von Davos und Rheinwald, welche sich durch Gebirgsschluchten in das Querthal des Hinterrheins öffnen.

Du siehst wohl, daß unsere Alpen ihre eigenthümliche Gliederung und die Ausprägung ihres Reliefs hauptsächlich durch ihre großen Längen- und Querthäler erhalten. Als langgestreckte Einsenkungen ziehen sich die ersteren durch das Alpengebiet in der Richtung der Hauptkämme, während die Querthäler, senkrecht zu dieser Richtung, die Kämme und Ketten durchbrechen und sich auch wohl mit den Längenthälern kreuzen. So ist es auch im Jura, nur daß hier die Längenthäler meist einförmige Muldenthäler und die wenigen Querthäler Spalten mit steilen Wänden sind. Die Thäler in unseren Alpen sind aber nicht nur vorherrschend nach Länge und Quere, sondern nach allen Richtungen hin aufgerissen und zeigen die verschiedensten relativen Höhen gegen einander. Ueber diese Thäler ragen die Ketten und ihre Aeste in sonderbar eigensinnigen, bald süd-, bald nord-, bald südostwärts springenden Linien mit vielen hundert Gipfeln in die Region des ewigen Schnees auf.

Ich weiß nicht, ob Du Dir ohne alle Profile aus dem, was ich Dir heute geschrieben, eine annähernde Vorstellung von dem plastischen Bau unsers Landes wirst bilden können. Es ist so schwer, mit bloßen Worten ein anschauliches Bild davon zu geben, als von einer Landschaft, bei welcher ebenfalls alle Bezeichnungen durch das Wort gegen die bunte Mannigfaltigkeit der natürlichen Erscheinung unzureichend sind. Eben deshalb habe ich mich auf die bloßen Grundzüge beschränkt, aus denen sich das Reliefbild unsers Landes zusammensetzt.

Siebenzehnter Brief.

Bildung der Erde.

Du verlangst von mir Aufschluß über die Entstehung der Alpen; da aber dieses Thema mit der Bildung der festen Erdoberfläche überhaupt zusammenhängt, so sehe ich mich veranlaßt, Dich in noch viel ältere Zeiten zurückzuführen, als diejenigen sind, welche die Alpen entstehen sahen. Zuvor merke Dir jedoch Folgendes.

Die Erdoberfläche ist in fortwährenden Veränderungen begriffen, und doch sind Viele gewohnt, dieselbe irrthümlich als etwas Gleichbleibendes und Unwandelbares zu betrachten. Ich meine hier nicht nur die durch Bergstürze, durch Verwitterung und durch das Nagen, Spülen und Anschwemmen der Gewässer ununterbrochen fortdauernden Umgestaltungen der Berge, der Flußufer und Meeresküsten, sondern auch allmälige oder plötzliche Hebungen und Senkungen des Bodens. Diese Erscheinungen, welche wir vor unsern Augen vorgehen sehen, geben uns Aufschluß über die Kräfte, welche von jeher neubildend und umgestaltend an der Erdoberfläche thätig gewesen sind; es sind die erdgeschichtlichen Kräfte, welche theils von außen her, theils von innen heraus auf die Oberfläche der Erde wirken. Ich führe Dir hier einige Beispiele für die Wirkungen von unten nach oben an, für die „Reactionen des Erdinnern gegen die Oberfläche".

In Schweden war es den Küstenbewohnern schon lange bekannt, daß das Meer zurücktrete. Man schrieb die Veränderung dem beweglichen Elemente, dem Wasser, zu, bis der Engländer Plaifair 1802

die Behauptung wagte, nicht das Meer sinke, sondern die schwedische Küste werde gehoben. Diese Behauptung erlangte erst 1807 durch L. v. Buch, der seine Bestätigung auf die sorgfältigsten Untersuchungen an Ort und Stelle stützte, ihre volle Autorität. Seit jener Zeit sind von dem englischen Geologen Lyell und Anderen die früheren Angaben und alle bezüglichen Thatsachen der genauesten Prüfung unterworfen worden, und es hat sich ergeben, daß, während die Südspitze Schwedens (Skanien) sich einsenkt, Sölvitzburg unter dem 56. Breitegrad unbeweglich erscheint, sich von da an nordwärts die Spuren einer langsam und gleichmäßig erfolgenden Hebung zeigen, sowohl an der Küste der Ostsee als an derjenigen der Nordsee, an jener vorzüglich bei Stockholm, Gefle und weiter nördlich, an dieser von Gothenburg bis Uddevalla. Die mittlere Hebung im Jahrhundert beträgt etwas über 3 Fuß. Daß nicht der Wasserspiegel sich senkt, zeigt die Unveränderlichkeit des Wasserstandes an den preußischen Küsten und die Ungleichheit des Hervortretens der Felsen aus dem Wasser an der schwedischen Küste. Lyell fand, daß Calmar in 100 Jahren 4 Fuß gestiegen sei, bei Stockholm fand er in einem Torfgrunde 70—100 Fuß über dem Meeresspiegel Muscheln, deren Arten noch jetzt in der Ostsee leben. Beim Graben des Kanals von Södertelje fand man in der Erde alte Kahnreste, Anker und Nägel, und 64 Fuß tief eine hölzerne Fischerhütte mit steinernem Fußboden und Kohlen nebst Scheitholz, woraus folgt, daß dieser Strich mit der Hütte früher am Meeresufer gestanden, dann untergesunken ist, da hohe Sandschichten mit Seemuscheln jetzt darüber stehen, und hierauf wieder emporgestiegen ist. Nördlich von Stockholm dehnt sich ein weiter Wiesengrund aus, in welchem alte Männer noch Boote und Schiffe segeln sahen. Auch Bornholm hebt sich, eben so Jütland im Norden, in Sibirien die ganze Küste von der Lenamündung bis gegen den Kolyma hin, und in Neu-Foundland wird der Schiffsgrund seichter, denn Felsen, die vor 40 Jahren der Schifffahrt nicht hinderlich waren, erreichen jetzt den Meeresspiegel. — Wenn diese Hebungen langsam vor sich gehen, so sind andere plötzlich durch die unterirdische Thätigkeit verursacht. Fast bei allen bedeutenden Erdbeben sind Veränderungen im Niveau des Bodens eingetreten, die meistens in Erhebungen bestanden und sich in vielen Fällen über meilenweite Landstriche ausdehnten. Solche Niveauveränderungen lassen sich nur in der Nähe des Meeres mit Sicherheit constatiren, und sind unzweifelhaft auf

dem Festlande oft eingetreten, ohne bemerkt worden zu sein, weil sich hier kein Maßstab der Vergleichung darbot. So hat sich 1822 die Küste Chiles und wohl auch der Seegrund und das innere Land durch Erdbeben wenigstens 25 geogr. Meilen um 3 bis 4 Fuß gehoben, 1835 hob sie sich in Folge eines Erdbebens von Neuem, und die Insel St. Maria bei Concepcion an der Nordküste um 10 Fuß und an der Südküste um 8 Fuß. Ebenso sind etliche Inseln des griechischen Archipels durch vulkanische Thätigkeit aufgetaucht; so namentlich Neo Kaumeni 1707, in welchem Jahre, nachdem jene Gegend wiederholt der Schauplatz solcher Ereignisse gewesen war, eine Bimssteinklippe langsam über die Meeresfläche stieg, worauf zwei Monate später etwas nördlicher das Meer in Aufruhr gerieth durch ausbrechende Dämpfe und Rauchsäulen, während zugleich eine Reihe schwarzer Obsidianklippen aufstieg, die, mit früheren Massen vereinigt, einen Kraterkegel bildeten, dessen Höhe 355 Fuß über dem Meere beträgt und aus welchem bis Ende 1711 heftige Eruptionen stattfanden. Diese Inselbildung ist noch in anderen Gegenden wahrgenommen worden; in den Jahren 1628, 1638 und 1721 erhoben sich drei neue Inseln, im Jahre 1713 stieg bei Venedig unter schrecklichen Schlägen und gewaltsamem Aufbrausen des Meeres eine Insel empor, im Jahre 1715 wiederholte sich das Schauspiel und in wenigen Jahren waren beide Inseln bewohnt. Das großartigste Beispiel plötzlicher vulkanischer Hebung ist folgendes. Auf der Ebene von Mejico, in der Querlinie der Vulkane von Orizaba und Colima, hörte man im Juni 1759 ein unterirdisches Geräusch, das sich bald zu dem schrecklichsten, von Erdbeben begleiteten Gebrülle steigerte und zwei Monate lang andauerte. In der Nacht vom 28. auf den 29. September wurde dieses Getöse so furchtbar stark, daß die Bewohner vor Schrecken auf die Gebirge von Aquasarco flüchteten, da ein schrecklicher Donner unter ihren Füßen rollte. In dieser Schreckensnacht erhoben die unterirdischen Riesen einen Flächenraum von 4 Quadratmeilen blasenartig in die Höhe. An den Rändern gewahrte man deutlich den Durchbruch der basaltischen Felsschichten; sie sind durch einen 30 bis 35 Fuß hohen senkrechten Absturz gegen die frühere Ebene begrenzt und gegen die Mitte hin etwa 500 Fuß hoch emporgehoben. Auf einem Bereich von einer halben Quadratmeile brachen überall Flammen empor; Felsentrümmer wurden auf eine ungeheure Höhe emporgeschleudert; Tausende von kleinen Kegeln, von 6 bis 10 Fuß Höhe, stiegen als

Fumarolen aus dem Boden empor, der wie ein stürmisches Meer sich wellenartig bewegte, und in der Mitte dieser Oefen (hornitos) hob sich der eigentliche Vulkan, der Jorullo, 1600 Fuß hoch über die umliegende Ebene empor, aus welchem mehrere Wochen lang ein ununterbrochener Auswurf von Asche erfolgte, welche die Gegend weit umher in finstere Nacht hüllte. Ein Gegenstück zum Jorullo ist der 428 Fuß hohe Monte nuovo bei Pozzuoli, der sich 1538 in einer Nacht bildete. — Eben so viele Beispiele, wie von Hebungen, sind auch von Senkungen des Bodens bekannt. Als eines derselben erwähne ich Dir zuerst die Nord- und Ostküste des adriatischen Meeres. Diese Küstenstriche liegen im Bereiche einer oft wiederholten, mächtigen vulkanischen Thätigkeit. Mehrere Inseln sind hier neu aus dem Meere emporgestiegen; dagegen zeigt die venetianische Schlammküste, sowie die illyrische und dalmatische Felsenküste die unzweideutigsten Spuren eines anhaltenden, langsamen Sinkens. In Venedig fand man beim Nachgraben mehrere alte Straßenpflaster über einander, in Istrien und Dalmatien liegen Ruinen, Straßen und Mosaikböden unter dem Meeresspiegel. Dieselben Beobachtungen des Sinkens hat man an den Küsten Syriens, Kleinasiens und Grönlands gemacht, und nach Darwin soll der ganze Boden der Südsee, auf welchem die Korallen ihre Bauten aufführen, in einem langsamen Sinken begriffen sein. Merkwürdig hinsichtlich der Niveauveränderungen ist die Nordküste des Golfs von Bajä. Dort stehen etwa 100 Schritte vom Ufer entfernt drei Säulen eines alten Tempels aufrecht, 15 Fuß über dem Meere und in einer 3 Fuß hohen Zone von Bohrmuscheln benagt; der Boden des Tempels liegt 1 bis $1^1/_2$ Fuß unter dem Meeresspiegel, und $6^1/_2$ Fuß tiefer hat man einen älteren Mosaikboden gefunden, der ursprünglich, um vor Seewasser geschützt gewesen zu sein, wenigstens 5 Fuß über dem Meeresspiegel gelegen haben muß, so daß für den Uferstand an dieser Stelle eine verticale Schwankung von 28 Fuß hervorgeht. Da an anderen Küsten das Meer sein Niveau während der historischen Zeit nicht verändert hat, so muß seit Erbauung des Tempels der Strand sich um wenigstens 28 Fuß gesenkt, und später wieder um 15 Fuß erhoben haben. Sehr wahrscheinlich ist diese Hebung durch das Erdbeben bewirkt worden, von welchem 1538 die Bildung des Monte nuovo begleitet war; sie hat auch nur einen Theil des früher eingesunkenen Landes betroffen, indem noch gegenwärtig längs der ganzen Küste des Golfs 15 bis 20 Fuß tief unter dem

Meeresniveau eine Menge Ruinen von Bauwerken und Straßen gesehen werden. Nach neueren Beobachtungen ist gegenwärtig die Küste wieder im Sinken begriffen. Daß bei Erdbeben kleinere oder größere Striche häufig versinken, ist Dir bekannt. Nicht selten sind Inseln gehoben worden und bald darauf wieder versunken. So stieg 1811 bei St. Miguel eine Insel von 900 Toisen 300 Fuß hoch empor, aber nach einem halben Jahre war sie wieder verschwunden; Aehnliches geschah 1799 im asowschen Meere und 1831 bei Sicilien.

Die Niveauveränderungen der Erdoberfläche, über welche Dich die angeführten Beispiele, die alle der historischen Zeit angehören, belehren, sind offenbar Wirkungen einer Kraft, welche auftreibend und hebend bald da bald dort thätig ist. Sie ist aber nur die eine der beiden Kräfte, welche als die großen Agentien der Veränderungen an der Erdoberfläche seit den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage wirksam gewesen sind; es ist die Kraft des unterirdischen Feuers, oder besser der Wärme des Erdinneren, die ich im siebenten Briefe beiläufig erwähnt habe, und deren Diener die Vulkane und die eingeschlossenen heißen Dämpfe sind, welche durch ihr Expansionsbestreben die Erdbeben und die meisten der vulkanischen Erscheinungen veranlassen. Die andere Kraft ist die Schwere, in deren Dienst Quellen, Flüsse, Meeresströmungen, Ebbe und Fluth stehen, indem sie Theile der festen Erdrinde auflösen, wegspülen und weiter tragen, dann die in ihrem Wasser chemisch aufgelösten oder mechanisch mit fortgerissenen mineralischen Bestandtheile an anderen Stellen wieder fallen lassen und dadurch Ablagerungen (Sedimente) erzeugen, welche mehr oder minder verbreitete mineralische Massen sind, deren Bildung oder Lage auf der Erdfläche eine Wirkung der Schwere ist. Die Schwere ist auf solche Weise unaufhörlich damit beschäftigt, die Unebenheiten der Erdoberfläche auf ein Niveau zu reduciren; auf der anderen Seite ist die nach ihrem hervortretendsten Charakter als Feuer oder Wärme bezeichnete Thätigkeit des Erdinnern gleich thätig, die Unebenheit der äußeren Rinde wieder herzustellen. Der Druck, der von der Tiefe her auf die äußere Erdrinde ausgeübt wird, ist gleichsam bestimmt, theilweise die Wirkungen der Schwere wieder aufzuheben und einer allgemeinen Verflachung entgegenzuarbeiten, indem entweder an einem Orte neue Materie in die Höhe gehoben, oder an einem anderen ein Theil gesenkt, der andere in die Höhe getrieben wird. Dabei hast Du Dir nicht vorzustellen, daß diese beiden Kräfte stets vereinzelt wirken,

sehr oft operiren sie gleichzeitig und wirken nicht selten zu demselben Ziele zusammen, das keine ohne den Beistand der anderen zu erreichen vermöchte, wie z. B. wenn wiederholte Erdbeben sich mit fließendem Wasser vereinigen, um ein Thal zu erweitern. Außer diesen beiden Kräften gibt es zwar noch andere Agentien, welche an der Umgestaltung der Erdfläche Theil nehmen, wie Winde, die Verwitterung und die organische Thätigkeit der kleinsten Thierwelt, aber Feuer und Wasser sind unter den bildenden Ursachen der äußeren Erdrinde doch die hauptsächlichsten, und indem man die mythologischen Vertreter derselben als Pathen annimmt, spricht man von neptunischen oder Wasserbildungen und von plutonischen (vulkanischen) oder Feuerbildungen. Erklärt uns die Thätigkeit des Wassers die Entstehung der geschichteten Felsmassen, so liegt in der Thätigkeit der inneren Erdwärme ein fruchtbares und allgemeines Princip zur Erklärung der Hebungen und Senkungen und der Entstehung der Gebirge.

Es wird gar nicht mehr bezweifelt, daß wir von den mannigfaltigen geologischen Erscheinungen, welche sich unter dem Einflusse dieser beiden Kräfte entweder noch jetzt zutragen, oder geschichtlich nachgewiesen sind, auf entsprechende vorgeschichtliche Hergänge zurückschließen können. Die letzteren müssen aber in ungleich größerem Maßstabe erfolgt sein, weil ihnen vorzugsweise die gegenwärtige Gestalt der Erdoberfläche im Ganzen und Großen zuzuschreiben ist, während die heutzutage noch stattfindenden Wirkungen jener beiden Hauptkräfte nur entweder auf vereinzelte Stellen, oder auf kleine Massen und Räume beschränkt bleiben, oder, wenn sie größere Räume umfassen, wie manche Erdbeben der geschichtlichen Zeit, mehr nur vorübergehender Natur sind. Den vereinzelten vulkanischen Ausbrüchen und Hebungen unserer Zeit stehen in der Vorzeit die Ausbrüche ganzer Gebirgsmassen und die Hebungen großer Länderstriche gegenüber; den Auf- und Anschwemmungen des Wassers, denen wir zusehen können, und die sich auf verhältnißmäßig kleine Räume beschränken, ist ehedem die Absetzung mächtiger Lager über viele hundert Geviertmeilen und die Bildung geräumiger Tiefländer vorangegangen, und die großen Thalbildungen und Durchbrüche sind jetzt vertreten durch geringere Ausrodungen und Einstürze. Zu allen Zeiten aber scheinen Hebungen und Senkungen mit einander in Verbindung gestanden zu haben, wie Dir die angeführten Beispiele an der schwedischen, italienischen und dalmatischen Küste zeigen, und in der Vorzeit

mochten Einsenkungen von Becken den Emporhebungen von Gebirgs- und Hochlandsmassen entsprochen haben; denn das Hervortreiben ausgedehnter Massen von unten muß Höhlungen im Innern zur Folge haben, welche dann leicht zu eben so großartigen Einsenkungen an anderen Stellen Veranlassung geben können.

Wenn zugegeben werden kann, daß die Erde ihren Entwickelungsgang in der Vorzeit mit ungeheuren Kräften begonnen und bis zu einer gewissen Epoche durchlaufen hat, so wäre es doch irrig, wenn man annehmen wollte, daß sie denselben mit ganz ungewöhnlichen Kräften und in verhältnißmäßig kurzen Zeiträumen zurückgelegt habe, daß während der ganzen Ausbildung der Erdrinde der Kampf der Naturkräfte allgemein und ungeheuer, alle Schöpfungen massenhaft gewesen sein, überhaupt ein wildes, ungestümes Drängen geherrscht haben müsse, um eilends den Erdboden zum Garten und Schauplatz menschlichen Wirkens zu ordnen. Im Gegentheil ist die Erde durch Kräfte gebildet worden, welche wir noch heute in entsprechender Weise an ihr thätig finden, und von Anfang an ist Alles auf ihr im Wesen und in der Gesetzlichkeit gleich geblieben. Der stetige Fortgang der Ursachen hat auf der einen Seite fortdauernd ähnliche Wirkungen hervorgebracht, indem der größte Theil der äußeren Erdrinde das Werk ruhiger, langsamer Bildungen des Wassers ist, auf der anderen Seite sind diese Bildungen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten durch die jetzt noch thätigen Mächte der Tiefe gewaltsam aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht worden, entweder allmälig oder plötzlicher, aber an vielen Gebirgen, wie z. B. an unseren Alpen, ist sicher erwiesen, daß sie erst in Folge mehrmaliger, durch große Zeiträume von einander getrennter Erhebungen ihre jetzige Gestalt und Höhe erhalten haben. Solche Eruptionen zerstörten das Leben der vorhandenen Organismen, die durch Hitze, oder durch ausgehauchte schädliche Stoffe, oder durch andere Ursachen umkamen und dann mit ihren Leichen die Schichten erfüllten, die nach eingetretener Ruhe neu sich bildeten. Indem aber durch solche Emporhebungen der auflösenden und nagenden Kraft des Wassers immer neue Flächen zu immer neuen Mineralbildungen dargeboten wurden, erhielten zugleich diejenigen Pflanzen und Thiere, deren Dasein an die Bedingungen der Luft und des süßen Wassers gebunden ist, einen immer größeren Spielraum. Du begreifst leicht, daß jedes Mal beim Emporsteigen eines Gebirgs das Werk der Bildung durch Zerstörung früherer

Gebilde ungleich rascher vor sich gegangen ist, als jetzt, und daß die fortschaffende Kraft des Wassers ungeheuer gesteigert worden sein mußte, wenn dabei das Niveau plötzlich verändert worden war; dennoch liegen der Beweise genug vor, daß die meisten Glieder aller auf einander folgender Schichten einer Reihe, von den ältesten bis zu den jüngsten, sich nur unter ähnlichen Zeitverhältnissen gebildet haben können, wie die Ablagerungen (Sedimente) auf dem Boden der heutigen Meere und Seen, deren Zunahme zwischen den Tropen allerdings rascher vor sich geht, als unter höheren Breiten. Das Ungeheure in dem irdischen Ausbildungsprozeß liegt daher mehr in dem unmeßbaren Zeitraume, innerhalb welchem er erfolgte, als in den Kräften, die dabei thätig waren. Die Zeit des menschlichen Individuums wird nach Jahrzehnten, die der menschlichen Geschlechter nach Jahrhunderten und die der Völker nach Jahrtausenden abgemessen; aber wie der Astronom, um die Räume des Himmels zu berechnen, die Maße, mit denen wir die Dimensionen der Erde messen, nicht gebrauchen kann, so muß auch der Geolog darauf verzichten, die Entwicklungsperioden des Erdballs, die Weltalter, nach dem Zeitmaß zu beurtheilen, nach welchem wir die Geschichte der Menschheit eintheilen. Das Alter des Erdbodens, und der Erde überhaupt, muß nach Jahrmillionen abgeschätzt werden; denn alle Oberflächenbildungen, besonders diejenigen des Wassers, haben eine unendliche Zeit erfordert, gegen welche die Erinnerung des Menschengeschlechts verschwindet, wie eine Stunde im Jahrtausend.

Achtzehnter Brief.

Bildung der Erde.

In allen freien Entwicklungen der Natur machen sich drei auf einander folgende Zustände, als eben so viele Stufen oder Fortschritte bemerkbar. Zuerst ein Chaos, ein ungeordneter Zustand, in dem noch Alles verworren durch einander gemischt ist. In einer solchen bunten Vermischung alles Ungleichen werden aber die Gegensätze wach gerufen, welche gegenseitige Ausgleichungen zur Folge haben, die das Leben erwecken. So schreitet das Chaos zur Entwicklung fort, in der sich

Alles absondert und trennt. Aber bei der bloßen Entfaltung des Reichthums und der Mannigfaltigkeit des Lebens bleibt die Natur nicht stehen, sondern es findet sich Alles zusammen und einigt sich zu einem organischen Ganzen. Einheit in der unendlichen Mannigfaltigkeit, oder Vereinigung des entfalteten Lebens zu einem System von Mitteln für einen Zweck ist die dritte Stufe, auf welcher die Natur nach einem ideellen, aber faktisch nicht verwirklichten Vorbild organisch thätig ist. Es scheint, daß auch unsere Erde diese drei Stufen durchlaufen hat; aber um dies zu zeigen, genügen die Lehren der Geologie allein nicht, sondern wir müssen vom Sternenhimmel den ersten Lichtstrahl in die dunkle Urgeschichte unsers Planeten entlehnen.

Die größten Astronomen stimmen mit einander überein, daß die gesammte Materie, aus welcher gegenwärtig die verschiedenen Körper unsers Sonnensystems bestehen, uranfänglich in einer formlosen Masse chaotisch gemischt gewesen sei, welche einen Raum einnahm, dessen Durchmesser größer war, als der des jetzigen Sonnensystems. Diese Urmasse rotirte um sich selbst, und mit der Zusammenziehung und Verkleinerung derselben, welche mit ihrer Abkühlung nothwendig verbunden war, erfolgte eine raschere Rotation, der Schwung der äußersten Regionen erhielt einen immer größeren Zuwachs, die Schwungkraft bekam ein Uebergewicht über die ansammelnde und gegen den Mittelpunkt ziehende Kraft der Schwere, und so wurde das Bestreben der äußersten und am schnellsten rotirenden Regionen, sich von der Masse abzulösen, immer größer, bis sich zuerst eine den ganzen Umfang umfassende Zone, ein Ring, ablöste. Auf diese Weise trennte sich von der sich immer mehr contrahirenden Masse eine Reihe von Ringen ab. Diese Ringe, welche noch immer aus einer gasartigen Masse bestanden, zerbrachen und die meisten derselben sammelten sich ein jeder um einen Punkt. So entstanden die Planeten. Der bisherige Rotationsschwung eines jeden Ringes wurde zur Umlaufszeit, zur Bahn des neuen Planeten um die Centralmasse, die Sonne, und da die äußeren Theile eines jeden Ringes eine absolut größere Geschwindigkeit besitzen mußten, als die Theile der inneren Ringseite, so erhielt dadurch der neu gebildete Planet zugleich eine rotirende Bewegung um sich selbst im Sinne des Umlaufs. Unsere Erde war also uranfänglich ein unorganisirter heißer Gasball, eine unterschiedslose Masse, und im ersten Stadium ihrer Bildung. Die dunstförmige Flüssigkeit, aus der sie bestand, kühlte sich durch Ausstrahlung

gegen den Himmelsraum allmälig ab, die Masse zog sich zusammen und concentrirte sich stufenweise, der Gasball wurde, in Folge einer mächtigen chemisch-physikalischen Thätigkeit, zu einer feuerflüssigen Materie, die chaotische Masse begann sich zu entwickeln, indem ein flüssig-glühender Ball sich von der Dunsthülle der Gase abschied. Allein es vergingen noch unendliche Zeiträume, bis die Entwicklung der Erde auf die dritte Stufe gelangte, und die Erdmaterie in die drei Aggregatsformen der Luft, des Wassers und des festen Landes sich schied, welche ich Dir im siebenten Briefe als die Lebensbedingungen höherer Organismen bezeichnet habe.

Von der Größe dieser Zeiträume können Dir folgende Berechnungen einen annähernden Begriff geben. Da die feuerflüssige Erdmasse nur nach und nach durch Ausstrahlung erkaltete, so hat Bischof in Bonn das wahrscheinliche Alter der Erde aus der thermometrisch sorgfältig gemessenen Wärmeabnahme geschmolzener Basaltkugeln abzuleiten gesucht. Eine der Kugeln von 2 Fuß Durchmesser erkaltete erst in $6^1/_2$ Tagen. Da nun die Erde 7,560 Trillionen Mal größer ist, so muß sie, der Berechnung zufolge, 363 Millionen Jahre gebraucht haben, ehe ihre Temperatur bis zu ihrem gegenwärtigen Wärmegrade sank, oder etwa 350 Millionen Jahre, bis an ihrer Oberfläche Luft, Wasser und Land sich schieden. Eine andere Berechnung geht von folgender Voraussetzung aus. Wenn Lava flüssig wird bei einer Hitze von 1400° C, Basalt bei 1560°, Eisen bei 1600°, Kieselerde und Granite bei noch größerer, und die Wärme mit 100 Fuß Tiefe unter der Erdoberfläche um 1° C zunimmt, so müssen die Feuerherde der Vulkane 6—7 Meilen tief sein, oder, mit anderen Worten, erst in dieser Tiefe sind Steine und Metalle in flüssigem Zustande. Jetzt hat die Erde unter dem Aequator eine Temperatur von 27°,5 C, die Niederungen der Schweiz höchstens 10° C, ehe daher die Temperatur von 27°,5 auf 10° sank, mußten 1,300,000 Jahre verfließen, und von 1400° C auf 10° C fiel sie erst in etwa 400 Millionen Jahren. Wiederholte Beobachtungen ergeben für den senkrechten Durchmesser aller sedimentären Schichten der Erdoberfläche eine wahrscheinliche Dicke von 16,000 Fuß. Nun steht die 60 Fuß hohe Memnonsstatue des alten Theben 6 Fuß tief in der angeschwemmten Erde des Nil. Aus einer Inschrift an dieser Statue, welche aus dem J. 148 v. Chr. herrührt, läßt sich berechnen, wie viel Schlamm der Nil seitdem abgesetzt hat. Es ergibt sich, daß der Boden Aegyptens in

100 Jahren um $3^1/_3$ Zoll erhöht wird. Burmeister macht nun folgende Rechnung. Wenn ein Boden in 100 Jahren um $3^1/_3$ Zoll dicker wird, so gewinnt er in 300 Jahren 10 Zoll, also in 1800 Jahren 60 Zoll oder 5 Fuß. Hiernach brauchen 50 Fuß Bodendicke 18000 Jahre und 100 Fuß 36000 Jahre; mithin 1000 Fuß 360,000 Jahre. Diese Zahl mit 16 multiplicirt gibt den Zeitraum, welcher erforderlich war, um eine Bodendicke von 16000 Fuß hervorzubringen, er beträgt 5,560,000 Jahre, — oder, wenn man den angegebenen für Aegypten geltenden Maßstab für die ganze Erdoberfläche als um die Hälfte zu hoch erachtet, 11,120,000 Jahre.

Wenn nun auch allerdings solche Rechnungen auf mehr nicht als auf Wahrscheinlichkeit Anspruch machen können, so lehren sie doch, daß Jahrhunderttausende nicht mehr ausreichen, wenn von den Lebensaltern der Erde die Rede ist, sondern daß man nach Millionen von Jahren rechnen muß.

Laß mich nun die verschiedenen Zustände betrachten, welche die Erde aller Wahrscheinlichkeit nach durchlaufen haben mußte, seitdem sie aus einem gasförmigen ein feuerflüssiger Ball geworden, dessen Temperatur also nicht unter 2000° und 1600° C betragen konnte. Bei einer solchen Temperatur mußten eine Menge Stoffe, welche jetzt flüssig oder fest sind, luftförmig sein. So die Bestandtheile alles Wassers; aller Sauerstoff, der später zu Oxydationsprozessen im Mineralreich, alle Kohlensäure, welche später zur Bildung von Kalkstein verwendet, oder, von den Pflanzen zersetzt, zum Theil in Kohlenlager umgewandelt worden ist; aller Stickstoff, der nachher ein Bestandtheil aller Organismen wurde; große Mengen von Schwefel, Chlor, Phosphor, Queckfilber u. a. m. Gegenwärtig besteht die Atmosphäre aus einer Mengung von Sauerstoff und Stickstoff mit veränderlichen Quantitäten von Wasserdampf und Kohlensäure, jene Uratmosphäre aber enthielt außer diesen noch eine große Menge anderer Bestandtheile in luftförmigem Zustande, sie war nicht nur viel höher als die jetzige, sie war auch dicker und dichter, d. h. specifisch schwerer, so daß die Verhältnisse des Luftdrucks und der Beleuchtung ganz anders sein mußten als jetzt. In einer solchen Atmosphäre konnten keine Organismen leben. Sollte daher die Erde zur Wohnstätte für Pflanzen und Thiere werden, die unorganische Natur zur Grundlage organisirter Wesen dienen, so mußte die Atmosphäre gereinigt und zum wesentlichen Lebenselement von Organismen umge-

schaffen werden. Dies war nur möglich durch allmälige Erkaltung, welche für gleiche Zeiten um so stärker fortschritt, je höher die Temperatur der Erde war. Die Erwärmung durch die Sonne konnte damals den ungeheuren Wärmeverlust durch Ausstrahlung nur in einem unmerklichen Verhältnisse ersetzen. Je weiter die Abkühlung fortschritt, desto mehr mußten alle jene Bestandtheile, welche in der Atmosphäre aufgelöst waren, nach und nach niederschlagen, zuerst die schwerer flüchtigen, und erst viel später der Kohlenstoff aus der Kohlensäure, der Stickstoff aus dem Wasser, und als die Erde anfing, sich zu beleben, wurde der Niederschlag dieser Stoffe noch durch den Prozeß des Pflanzen- und Thierlebens befördert, der außerordentliche Mengen Kohlenstoff und Stickstoff absorbirte. Allein es vergingen noch lange Zeiträume, ehe organische Gebilde sich entwickelten, weil die Temperatur noch zu hoch war, um dieselben zuzulassen. Zwar können gewisse Pflanzen- und Thierarten sehr hohe Wärmegrade ertragen. So fand man auf der Insel Luzon in einem Bache von 68° R Wärme mehrere Arten lebender Fische, die Ufer waren mit grünem Rasen bekleidet, die Wurzeln der Pflanzen reichten bis in's Wasser; fadige Wassergewächse (Conferven) finden sich in siedend heißem Wasser und in den Karlsbader Thermen, die eine Temperatur von 59° R haben, befinden sich Infusorien. Allein zwischen einer Temperatur von 68° und derjenigen, bei welcher der Wasserdampf der Uratmosphäre anfing niederzuschlagen, ist ein großer Unterschied und liegt ein großer Zeitabschnitt, um so größer, da die Abkühlung durch den Einfluß, den die noch immer dicke Atmosphäre auf die Ausstrahlung, und die Sonne durch ihre immer kräftiger werdende Erwärmung ausübten, nicht so rasch fortschritt. Erst nachdem die Atmosphäre hinlänglich gereinigt worden, enthielt sie die Bedingungen für das Gedeihen des Pflanzen- und Thierlebens, obgleich genügende Beweise vorliegen, daß auch in der bereits belebten Periode der frühesten Zeiten der Kohlensäure- und Wassergehalt der Atmosphäre noch viel größer war, als jetzt, theils weil die Temperatur der Erde noch höher war, theils weil ihre Oberfläche noch viel weniger trockenes Land und mithin eine kleinere, Kohlensäure absorbirende Pflanzendecke hatte.

Sowie die Oberfläche des Erdballs auf eine Temperatur herabgesunken war, bei welcher sie nicht mehr im feuerflüssigen Zustande verharren konnte, erstarrte sie zu einer heißen Rinde granitner Kieselgesteine, welche den noch glühenden Erdball wie ein Mantel um-

schloß, aber von der darunter wogenden flüssigen Masse vielfach zersprengt wurde. Diese drang durch die Spalten empor und erstarrte entweder in diesen selbst oder in den darüber ergossenen Anhäufungen, und wo eine solche Erstarrung ruhig vor sich ging, da bildete sich fast immer Granit. Auf diese Weise begann die Bildung der Eruptivgesteine und dauerte mit beständigen Modificationen, welche durch das zunehmende Dickerwerden der starren Kruste bedingt waren, fort bis jetzt. Es entstanden daher Granitgänge im Granite selbst, im Gneis, im Glimmer- und älteren Thonschiefer; auch finden sich häufig Granittrümmer in der Granitmasse oder im Gneis eingeschlossen, ebenso Gänge von Gneis und Trümmer dieser Gesteine in den übrigen Gebirgsarten. Daß bei einem solchen Zustande der Dinge, bei der hohen Temperatur des Bodens, bei dem Mangel an Wasser, bei der Urbeschaffenheit der Atmosphäre kein organisches Gebilde entstehen konnte, wirst Du leicht begreifen. Wirklich hat man in den Urgebirgsarten je so wenig die geringste Spur von organischen Ueberresten aufgefunden, daß man es in der Geognosie als ein charakteristisches Kennzeichen dieser Felsarten ansteht, daß sie versteinerungsleer sind. Dieser Zustand dauerte so lange fort, bis die Erdoberfläche zu der Temperatur abgekühlt war, wo sich der Wasserdampf der Atmosphäre niederschlagen konnte. Wird die mittlere Meerestiefe zu 8000 Fuß und die Meeresfläche zu fast Dreiviertel der ganzen Erdfläche angenommen, so mußte die ganze Wassermasse, welche damals als Dampfatmosphäre in der Luft schwebte, einen Druck von 200 der heutigen Atmosphären ausüben. Berechnungen über die Expansivkraft des Wasserdampfes ergeben das Resultat, daß derselbe bei einer Temperatur von 288° R eine Expansivkraft von 200 Atmosphären hat. Niederschläge des Wasserdampfes konnten sich also erst dann bilden, als die Atmosphäre unter 288° Wärme herabsank, als seine Expansivkraft mithin dem Druck der damaligen Atmosphäre nicht mehr das Gleichgewicht hielt, und er, theilweise wenigstens, die tropfbar flüssige Form annehmen mußte. Nachdem die verzehrende Hitze des Dunstkreises noch tiefer gesunken war, so hörte die Atmosphäre immer mehr auf, ein schwebendes Meer unermeßlicher Wasserdämpfe zu sein; gewaltige Regengüsse von langer Dauer rauschten nieder, überschwemmten die Erdoberfläche und bildeten das anfängliche heiße Urmeer, welches den ganzen Erdball umfluthete. In der Tiefe aber wirkten die ungebändigten Kräfte der wogenden glühenden Masse, welche die krystallinische

Rinde bald da bald dort auf mannigfache Weise durchbrach, empordrang und erstarrte. Die Erscheinungen durch alle Zeiten der Erdbildung hindurch lehren, daß stets ein Drang der geschmolzenen Massen aus der Tiefe nach oben vorhanden war, und daß die Erdrinde fortwährend an einzelnen Punkten, vielleicht weil auf diese Punkte gerade die unterirdischen Kräfte wirkten, oder weil sie den geringsten Widerstand leisteten, gehoben worden ist. Und seit der Bildung des Wassers nahm auch es an der Umgestaltung der Erdoberfläche dadurch Theil, daß es in die Oeffnungen und Spalten der Rinde stürzte, dort durch seinen Zutritt Gasarten entwickelte, oder sich in Dampf verwandelte, der durch seine expandirende Kraft die Kieselhülle erschüttern und zersprengen half. Nicht ganz gleichförmige Vertheilung der Wärme und der das Erdinnere zusammensetzenden Substanzen, die nach innen gekehrten Unebenheiten der festen Rinde und deren zunehmende Contraction durch fortschreitende Abkühlung mußten in den ältesten Zeiten, wie noch jetzt, constante Strömungen und unregelmäßige Bewegungen an der Oberfläche des flüssigen Erdkerns hervorbringen. Wo durch solche Strömungen die Rinde fortdauernd und in großer Ausdehnung ihrer flüssigen Unterlage beraubt ward, da konnten langsame Senkungen bedingt werden, während ein beständiges Zuströmen nach anderen Regionen eine ebenso beständige Hebung zu bewirken vermochte. Andere Fluthungen in dem flüssigen Erdkerne und namentlich solche, welche mit Gasentwickelungen verbunden sind, konnten dagegen heftige Erschütterungen, Zerspaltungen und plötzliche Niveauveränderungen, ähnlich den jetzigen vulkanischen Erscheinungen, hervorbringen. Von Anfang an entstanden also Erhöhungen und Vertiefungen auf dem Grunde des Urmeers und arbeiteten die innere Hitze und das Wasser an der Veränderung desselben. Dabei wirkte die erstere mehr gewaltsam, von unten nach oben auftreibend, das Meer hingegen ruhiger, langsamer und mehr ebnend. Wenn unsere heutigen Regengüsse und Hochwasser Steinmassen abzulösen und zu verkleinern vermögen, womit die Flüsse an ihren Mündungen ganze Länderstrecken bedecken, die See- und Meerbecken ausfüllen und so die Grenzen des Festlandes meilenweit hinausrücken; so mußten die heißen Gewässer der Urzeit zur fortschreitenden Erdbildung noch mehr beigetragen haben. Sie nagten an der Erdrinde, lösten die Kieselkrystalle ab, zerrieben sie zu feinen Blättchen, mischten unter diese größere Stücke, die sie losgebrochen hatten, fügten dazu ihre Kohlensäure und die der Atmosphäre und bil-

deten auf diese Weise, indem sie mit ihrer Beute weit und breit den Meeresboden bedeckten, die ältesten Schichten der Thon- und Grauwackeschiefer und Kalksteine. Da aber der Boden unter diesen Sedimenten noch sehr heiß war, und oft noch die glühende Masse des Inneren oder heiße Gase und Dämpfe empordrangen, so verglasten sie zu krystallinischen Felsmassen, zu den ältesten Urschiefern, und dehnten sich als langgestreckte Platten oder sanftgewölbte Kuppen unter der Fluth dahin, oder ragten auch schon an vereinzelten Stellen über dieselbe empor. So mögen sich die mächtigen Lager der Glimmerschiefer, Talkschiefer, Kieselschiefer und anderer verwandter Felsarten gebildet haben. Auf die angedeutete Weise sind die beiden Factoren bei der Bildung der Erdoberfläche von jeher thätig gewesen, und alle Schichtgesteine, von den ältesten bis zu den jüngsten herab, verdanken ihre Entstehung hauptsächlich dem Wasser.

Neunzehnter Brief.

Bildung der Erde.

Zur Zeit der gewaltigen Niederschläge des Wasserdampfes aus der Atmosphäre waren von den drei Aggregatsformen, welche als die Grundbedingungen eines allgemeiner verbreiteten organischen Lebens zu betrachten sind, nur zwei mit einander in Contact, Luft und Wasser. Bei der damals noch höheren und dichteren Atmosphäre und bei der großen Oberflächenwärme der Erde herrschte von Pol zu Pol eine ziemlich gleichmäßige Temperatur. Weil aber, seitdem die Atmosphäre durchsichtiger geworden, die Sonnenstrahlen auf ihr stärker zu wirken begannen, so mußten auch damals schon Winde und Meeresströmungen auf ihr existiren, insofern dieselben ihren Ursprung in einer ungleichen Vertheilung der Sonnenwärme haben. Es waren aber diese Bewegungen in Luft und Wasser von geringer Stärke und zugleich regelmäßig und einförmig, da die Temperaturunterschiede zwischen dem einen und dem andern Orte noch unbeträchtlich waren und kein hervorragendes Festland weder die Temperatur der Luft, noch den Gang der Luft- und Wasserbewegung störte. Diese gleichmäßigen Meeresströmungen begünstigten den Trans-

port und die Schichtenbildung der aufgelösten und abgenagten Bestandtheile der Kieselrinde, wodurch diese letztere immer dicker wurde. Weil noch jetzt Pflanzen und Thiere in Gewässern getroffen werden, die eine Temperatur von 60° und 68° R haben, so hatte sich ohne Zweifel schon damals unter jenen einfachen Verhältnissen organisches Leben entwickelt, wenigstens in Meeren von geringer Tiefe, und in der That findet man in den ältesten Fossilienlagern, welche wahrscheinlich dieser Periode angehören, Reste verschiedener Typen, welche zu der niedrigsten Stufe organischer Wesen zu zählen sind. Diese Reste sind aber sehr sparsam, denn die untere Grauwacke ist unter dem Einfluß einer so intensiven Hitze und Verschmelzung zu Schiefern gebildet worden, daß man nicht erwarten darf, zahlreichere Spuren von Organismen in ihnen zu entdecken. Außerdem aber deuten einige Kalksteinstriche (Urkalk) darauf hin, daß bei ihrer Bildung organisches Leben vorhanden war, ebenso hat man in den Massen dieser Sedimentformation ammoniakalische Producte entdeckt, woraus eine ähnliche Folgerung zu ziehen ist. Das Zeitalter der Erde, in welchem diese Formation gebildet wurde, ist also die Morgenröthe des organischen Lebens; die Erde war in das dritte Stadium ihrer Entwickelung getreten, zu den chemischen und physikalischen Kräften war die geheimnißvolle Lebenskraft gekommen, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, daß sie das Einzelwesen zu einer Knospe macht, welche eine Welt kommender Geschlechter entfaltet.

In Folge des Empordringens der feuerflüssigen Masse, welches um so beträchtlicher war, je mehr durch die fortschreitende Abkühlung der Erde sich ihre Rinde zusammenzog, erhob sich die dritte Aggregatsform, das Land, an immer zahlreicheren Stellen über den Spiegel des Meeres und kam in unmittelbare Berührung mit der Atmosphäre und den belebenden Strahlen der Sonne. War auch das Auftauchen des Festlandes blos noch ein inselartiges, so war damit doch ein mächtiger Schritt in der Fortbildung des ganzen Erdenlebens gethan, indem das Hinzukommen dieses neuen Elementes zu den zwei älteren ein höheres und mannigfaltigeres organisches Leben möglich machte. Das frühere Gleichgewicht ward jetzt gestört und neue Gegensätze machten sich geltend; Luft, Wasser und Land absorbiren die Sonnenwärme in ungleichem Verhältniß, das Klima war von nun an größeren Veränderungen unterworfen, und die Winde und Meeresströmungen stießen auf ihrer Wanderung auf Hindernisse, welche sie nöthigten, neue Wege einzuschlagen. Die Geo-

logie nennt diese Epoche der inselartigen Landbildung „die organische Epoche", weil erst jetzt recht Leben und Lebendigkeit überall, auf den zerstreuten Landstrichen und im Meere, sich zu regen und zu wuchern anfing. Das auf der Erde erwachte organische Leben wurde aber von Zeit zu Zeit durch gewaltige Revolutionen gehemmt und vernichtet, keimte aber immer wieder wie ein Phönix aus seiner Asche empor, erblühte in immer neuen und vollkommenern Gestalten, bis es durch eine wunderbare Stufenfolge von Formen und Bildungen jenes lebendige Kleid wob, das jetzt die Oberfläche unserer Erde schmückt.

Aus jenen ältesten Zeiten, welche so unermeßbar weit hinter den Erinnerungen der Menschheit liegen, ist kein redender Zeuge vorhanden, aber die Natur selbst hat in ihrem Steinbuche mit leserlichen Lettern ihre eigene Geschichte geschrieben, deren erste Blätter zwar durch glühende Hitze beschädigt worden sind. Diese Lettern sind die versteinerten Ueberreste von Pflanzen und Thieren, welche wir durch alle geschichteten Felsen antreffen; jenseits derselben gelangen wir an eine Grenze, über welche das organische Leben nicht hinausgeht, und es wird für immer schwierig bleiben, in diese älteste Periode der Geschichte des Erdkörpers jenen Grad wissenschaftlicher Gewißheit zu bringen, welcher den späteren Abschnitten gegeben werden konnte, so viel aber darf immerhin als Thatsache angenommen werden, daß auch in ihr die gestaltenden Kräfte einerlei mit den gegenwärtigen waren, und daß die Erde von dem Moment an, wo sie als selbstständiger Körper im Weltraum erschien, mit den ihr inwohnenden Kräften und Mitteln ihre weitere Entwicklung vollendete. Wie aber in der Materie die Kraft geboren wurde, deren Wirkungen die Organismen waren, das ist eine Frage, welche wohl mit der nach dem geheimnißvollen Ursprung der Welt zusammenhängt. Wir geben dieser Kraft den Namen Lebenskraft, und bezeichnen damit Etwas, das uns eben so sehr, wie das eigentliche Wesen aller Kräfte, ein ungelöstes Räthsel ist. Es ist, als wirke das ganze Weltall zusammen und lasse seine Kräfte strömen, um irgend ein organisches Wesen hervorzubringen. Aber dabei treten eigentlich keine neuen Kräfte auf, es ist keine neue Natur, sondern ein Product der unorganischen, freilich ein verklärtes, gleichsam ihr Gedanke. Doch kehren wir zu unserem Steinbuche zurück. Es entstanden, wie ich Dir schon bemerkt habe, noch vor der Bildung der Schichten, welche man jetzt die untere Grauwacke nennt, Organismen, angemessen jener hohen Temperatur, jener dichten Atmo-

sphäre, welche beide damals auf der Erde noch alle klimatischen Unterschiede unbemerkbar machten. Sie gingen unter, wie die später entstandenen, und die Ueberreste dieses frühesten entstandenen Lebens sind die Zeugnisse, welche uns der Erdkörper für seine Entwicklungsgeschichte thatsächlich gewährt. Diese Ueberreste sind theils bloße Abdrücke der Form, theils ist die ursprüngliche organische Substanz mit erhaltener Textur in eine mineralische umgewandelt, oder vielmehr durch eine mineralische ersetzt. Gewöhnlich sind nur gewisse, besonders feste Theile der vorweltlichen Pflanzen und Thiere erhalten oder abgeformt, feste Rinden und Blätter, Holz, Muschelschalen, Korallengehäuse, Fischschuppen oder Fischgräthe, Knochen, Zähne u. dgl. m., aus denen dann der Paläontolog ganze Individuen construirt. Das Studium dieser Ueberreste, dieser „Münzen der Schöpfung", wie sie genannt worden sind, hat nun gezeigt, daß die meisten derselben ausgestorbenen Arten angehören und nur in wenigen Fällen einige Formen aus der Vorzeit in die Gegenwart übergegangen sind, alle aber von den lebenden Formen oft sehr stark abweichen. Viele und namentlich die älteren untergegangenen Formen passen in keine einzige der gegenwärtigen Familien, oder sie entsprechen ihnen im Ganzen, unterscheiden sich aber von ihnen specifisch in gewissen wesentlichen Punkten, oder endlich sie bleiben dem Familientypus insoweit treu, daß sie als Correspondenten noch lebender Genera in dieselbe Familie mit ihnen eingeordnet werden können. Eben so sicher ist es auch, daß sie aus sehr verschiedenen Schöpfungsperioden herstammen, und daß ihre Formen um so fremdartiger und abweichender von den jetzigen sind, je älter die Schichtgesteine sind, in denen sich ihre Ueberreste finden. Du begreifst leicht, daß die unteren Sedimente die älteren, die höheren und über jenen gelagerten die jüngeren, später gebildeten sind, und hast aus dem Bisherigen entnommen, daß die ersteren zu einer Zeit abgelagert wurden, als die Temperatur der Erdoberfläche höher war, als während des Absatzes der jüngeren Sedimente. Fast allein entscheidend für die Bestimmung der Zeit, in welcher die verschiedenen Schichtgesteine gebildet wurden und einander entsprechen, sind daher alle organischen Reste, welche in ihnen angetroffen werden. Es zeigt sich ein bemerkenswerther Gegensatz der unorganischen und der organischen Natur unsers Planeten. Der Bau der festen Erdkruste ist im Allgemeinen überall ein ähnlicher; gewisse Gesteine, wie Granit, Grünstein, Por-

phyr, Basalt, Thonschiefer, Kalkstein, Sandstein, wiederholen sich in allen Erdtheilen auf dieselbe Weise und unter ähnlichen Verhältnissen gegenseitigen Verbandes, oder der Lagerung. Die Bildung der Sedimente weist sich daher als unabhängig von den klimatischen Einflüssen, während die Organismen als ein Product derselben betrachtet werden müssen. Zwar kann die allmälige Abkühlung der Erde, also der Wechsel ihres Klimas auch in den Gesteinsbildungen ungleichen Alters erkannt werden; allein viel deutlicher ist derselbe in der Aufeinanderfolge der Organismen ausgedrückt, welche in dieser Hinsicht sehr oft allein maßgebend sind. Mit der allmäligen Abkühlung der Erde hält aber ihr Alter gleichen Schritt, weshalb die Natur der versteinerten Organismen uns nicht nur zum Schlusse auf vorweltliche örtliche und allgemeine Zustände des Klimas und der Bodenoberfläche berechtigt, wobei die Kenntniß der gegenwärtigen klimatischen Verschiedenheiten der Erdoberfläche von großem Nutzen ist, sondern sie ist auch als Kriterium für die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Schichten von entschiedener Wichtigkeit. Es kann z. B. geschehen, daß die Gesteine der Sedimente entfernter Gegenden materiell vollkommen mit einander übereinstimmen, und doch vielleicht nicht Gebilde von gleichem Alter sind. Findet der Geognost die über und unter ihnen gelagerten Glieder nicht, um daraus ihr Alter zu entdecken, so können ihm nur Versteinerungen, die er in ihnen findet, Aufschluß geben, ob er gleich- oder verschiedenaltrige Gesteine vor sich hat. Es können aber auch Schichten materiell von einander abweichen, hier mehr Kalk-, dort mehr Sandsteine, an anderen Orten Mergellagen bilden, während die gleichzeitigen Organismen, sie mögen im Kalk, im Sandstein oder im Mergel liegen, durchaus dieselben bleiben und daher anzeigen, daß diejenigen Schichten, welche dieselben Versteinerungen führen, derselben Bildungsepoche angehören. Auf diese Weise geben, wie Du siehst, die Versteinerungen sichere Anhaltspunkte für die Bestimmung der Zeitalter und der Bildungsverhältnisse der Zeiträume, in denen die Sedimente entstanden sind, sowie dafür, ob zwei ihrem mineralischen Gehalte nach mit einander übereinstimmende Schichtgesteine gleich oder verschieden sind. Es ist indeß in diesen Fällen der Umstand nicht unbeachtet zu lassen, daß die zerstörenden Wirkungen einer Katastrophe an verschiedenen Orten sehr ungleich sein konnten. Da wo sie am heftigsten eingegriffen, wird sie ohne Ausnahme alle Organismen vernichtet haben, da wo ihre Wirkungen minder fühlbar wurden, werden

sich manche Organismen ihr haben entziehen können. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit eines theilweisen Bestehens der Organismen bei mächtigen Umwälzungen, welche das Uebergehen derselben aus einer Periode in die andere zulassen und dadurch die Unterschiede verschiedener Perioden verwischen.

Es liegt nicht in meiner Absicht, Dir hier das Auftreten, die Dauer und das Verschwinden der besonders wichtigen Thier- und Pflanzengattungen und Familien durch die ganze Reihe des geschichteten Sedimentgebirges näher zu beschreiben; nur noch folgende Bemerkungen füge ich Obigem bei. Alle organischen Wesen, welche der frühesten Epoche der Sedimentbildung angehören, zeigen noch ganz den Charakter der Einförmigkeit und Niedrigkeit. Kryptogamische Gewächse, welche heutzutage und in unserem Klima nur am Boden kriechen und auch unter der tropischen Sonne nur selten noch sich zur Baumform erheben, ragten zur Grauwackenzeit in kolossaler Gestalt einzeln an den Ufern und aus den Sümpfen empor, und kleine Farrenkräuter wucherten zwischen ihnen. Man findet ihre Ueberreste in allen Gegenden, weil damals überall auf Erden ein gleicher heißer Tropensommer herrschte. Auch die Zahl der thierischen Charakterformen ist noch sehr gering; ohne Ausnahme kommen blos solche Geschöpfe vor, welche den niedrigsten Grad des Thierlebens in seiner Urform und Unvollkommenheit ausdrücken, und ihre versteinerten Leiber oder Abdrücke zeigen eine so abweichende Gestalt, daß nur wenige Arten jetzt lebender Thiere einige Aehnlichkeit mit ihren Urahnen haben. Korallen und Meerlilien (Crinoiden) bauten von Pol zu Pol ihre kalkigen Gehäuse vom Boden des Meeres auf, Orthoceren (Geradschaler), die riesigen Repräsentanten unserer Tintenfische, und andere dem Nautilus ähnliche Cephalopoden (Kopffüßer) belebten die Oberfläche des Oceans oder suchten in den Tiefen desselben ihre Nahrung, von einer Grenze der Erde zur anderen lebten, überall ganz identisch, die Trilobiten, wunderbar krebsartige Thiere, welche man so genannt hat, weil sie aus drei Haupttheilen bestehen. In den Zeiten der Ruhe setzte das Grauwackenmeer außerordentliche Mengen von Schieferschlamm ab, dessen horizontale, nur wenig geneigte oder gehobene Schichten durch die Hitze der darunter liegenden krystallinischen Gesteine zu festen Schiefern und Kalk erhärteten; aber es war damals nur noch wenig Land über das Meer erhoben, weil überhaupt alle Niveauunterschiede geringer, folglich die Meere weniger tief, aber

ausgebreiteter, die Berge weniger hoch, aber zusammenhängender und nicht so von Thälern durchschnitten sein mußten, wie jetzt; denn die Durchbrüche der noch dünnen Kruste der Erde erforderten weniger Kraftaufwand und hatten minder bedeutende Folgen wie später, als durch fortschreitende Erkaltung nach innen und unausgesetzte Ablagerungen von außen her die Rinde dicker geworden. Aber nach und nach befestigte sich das Land immer mehr, und immer größere Flächen wurden erhoben, auf denen eine üppige und reiche kryptogamische Vegetation sich entwickelte, welche, durch die noch sehr gleichmäßige hohe Temperatur und durch die Feuchtigkeit der kohlenstoffreichen Atmosphäre begünstigt, am Pol und Aequator dieselbe gewesen sein mußte. Der Mangel eigentlicher hoher Gebirge auf dem aus zahlreichen größeren und kleineren Inseln bestehenden Lande gestattete nur noch wenige Quellen und Flüsse, das Land war vielmehr überall von stagnirendem Wasser bespült, theils vom zusammenhängenden Ocean, theils von Landseen, welche mit gehoben waren und keinen Abfluß fanden. Dies Alles wirkte auf eine eigenthümliche üppige Vegetation hin, die aus baumartigen Schachthalmen, Farrenkräutern und anderen Gewächsen bestand. Erdbeben und in Folge davon Ueberströmungen des Meeres oder gewaltige Regengüsse führten von Zeit zu Zeit neues Wasser und losgerissenen Thon und Sand in diese Becken hinein, die mineralischen Theile lagerten sich über den Pflanzen und den unermeßlichen Torfbildungen ab, und in dem zurückgebliebenen verdunstenden Wasser begann die Vegetation von Neuem. Wenn aber Pflanzenreste, unter Vorhandensein von Wasser und unvollkommenem oder ganz abgeschlossenem Luftzutritt, der freiwilligen Zersetzung unterworfen sind, so treten allmälig Sauerstoff und Wasserstoff in der Form von Kohlensäure, Wasser und Kohlenwasserstoff (Sumpfluft) aus der Masse derselben aus und das Rückbleibende wird fortwährend reicher an Kohlenstoff. Die entstehenden Producte werden Mulm, Moder, Torf, Braunkohle oder Steinkohle genannt, als deren ältestes Glied (nebst Anthrazit) wir die Steinkohle ansehen müssen, die aber nicht aus reinem Kohlenstoff besteht, sondern noch immer Sauerstoff, Wasserstoff und mineralische Bestandtheile, namentlich Schwefel, enthält, weil bei ihrer Bildung eine allzu starke Bedeckung und großer Druck eine vollkommene Verkohlung unmöglich machte. Durch öftere Wiederholung der vorhin genannten Vorgänge erklären sich daher die oft sehr zahlreich über einander gehäuften, unermeßlichen Kohlenlager, deren Gesammtheit

gewöhnlich vereinzelte beckenartige Vertiefungen der Erdoberfläche ausfüllt, und welche die vorsorgliche Natur aufgespeichert zu haben scheint für die jetzigen und künftigen Bedürfnisse des menschlichen Gewerbsfleißes. Was die thierischen Organismen betrifft, so tritt uns auf der Höhe der Steinkohlenschichten zuerst der wichtige Grenzstein entgegen, daß alle Sedimente unter ihnen von Rückgratthieren nur Fische enthalten. Von dem Infusorium und der Koralle schritt die Lebensgestaltung fort zur kopflosen Muschel mit ihren Doppelklappen und zu der auf dem Bauche gehenden Schnecke, bis sie in den Kopffüßlern den Thierkopf schuf, in den Trilobiten den Thierleib deutlich in Kopf, Rumpf und Bauch theilte und in den Knorpelfischen den ersten Versuch zur Schöpfung von Wirbelthieren machte. Fische sind also bis zur Epoche der Kohlenbildung die höchsten Organismen, denn unter der Kohle finden sich keine Luftathmer, also keine Amphibien, Vögel und Säugethiere. Dies läßt auf Zustände der Atmosphäre und des Wassers, vielleicht auch des Festlandes schließen, welche dem Leben der Luftathmer hinderlich waren. Wirbelthiere traten also sehr frühe auf, ihr Typus war so gut ein nothwendiges Product des bildenden Triebes der Natur, als der Typus der Gliederthiere und Mollusken; aber das Fehlen luftathmender Rückgratthiere vor der Steinkohlenperiode beweist das Vorhandensein von Zuständen, welche ihre Entstehung unmöglich machten. Vielleicht daß die Temperatur des Wassers und der Erde für sie noch zu hoch war, oder daß der große Gehalt an Kohlensäure in der Atmosphäre die intensivere Respiration der Luftathmer und somit ihre Existenz verhinderte. Diese hindernden Momente waren, wie es scheint, verschwunden, nachdem die Steinkohlen sich gebildet hatten, denn unmittelbar über den letzten Schichten derselben erscheinen die ältesten luftathmenden Thiere, Amphibien, aber nicht sogleich Vögel und Säugethiere, weil Amphibien in einem Grade der Luftverdünnung und des Kohlensäuregehaltes leben können, den Vögel und Säugethiere nicht zu ertragen im Stande sind. Aber eine jede neue Erdrevolution war ein neuer Fortschritt zur Entwicklung. Dabei ist es merkwürdig, daß gewisse Geschlechter von Thieren, wie von Pflanzen, wahre historische Reihen bilden. So die Cephalopoden, von denen die Ammoniten in der Grauwackenperiode beginnen und bis zu den oberen Kreideschichten, den jüngsten der älteren Schichtgesteine, ausdauern. Eine andere solche Reihe, die geradschaligen Cephalopoden (Orthoceratiten), findet sich ebenfalls schon in den ältesten Schicht-

gesteinen, dann tritt eine lange Periode ein, in welcher keine Spur von ihnen aufgefunden worden ist. Aber in der Juragruppe, die unter der Kreide liegt, versucht eine ähnliche Gattung wieder ihr Glück; mit großer Zahl der Individuen und Arten treten äußerst sonderbare Thiere, die Belemniten, auf, denen aber bald genug die Umstände nicht mehr behaglich gewesen sind; denn schon in der Kreide verschwinden sie gänzlich und für immer. Reste beider Cephalopodenarten finden sich in den Alpen, besonders häufig im Jura; es sind jene bekannten spiralförmigen Gehäuse der Ammoniten (Ammonshörner) und Belemnitenschalen, die abgebrochenen Pfeilspitzen ähnlich sind.

Wir erkennen also in den verschiedenen geschichteten Sedimenten eine allmälige Entwickelungsreihe pflanzlicher und thierischer Formen, welche von einer Zeit anhebt, in welcher noch keine Organismen auf der Erde lebten. Erst zuletzt, als die Festlandsmassen an Fläche und Zahl größer, ihre horizontalen Contouren mannigfaltiger geworden und ihre Reliefs mehr gebrochen waren, als die Seewasser im Inneren ersetzt wurden durch das Wasser der Atmosphäre, welches anfing über die Oberfläche zu fließen, die Thäler auszuhöhlen, die Abdachung zu regeln und das Erdreich zu einem Fruchtboden auszugleichen durch die Niederschläge und Anschwemmungen, da wurde es der Erde möglich, den Menschen, der auf der höchsten Entwickelungsstufe der Organisation steht, hervorzubringen; Millionen von Jahren mußten vergehen, ein riesenhaftes Schichtenlager abgesetzt und eine ungeheure Menge von Pflanzen und Thieren darin begraben werden, ehe er zu der süßen Gewohnheit des Daseins, die man Leben nennt, geboren werden und durch seinen Geist die Erde beseelen konnte.

Erlaube mir, diesen Brief mit einigen Worten Burmeister's zu schließen. Die Kräfte und Mittel, welche bei der Gestaltung der Erdoberfläche thätig waren, „sind keine anderen als solche, welche auch der Mensch in Bewegung setzt, wenn er Großartiges leisten und einem bestimmten Ziele sicher zusteuern will; es sind Luft, Wasser und Feuer (Wärme) in ihren Beziehungen zu einander und zu der festen Grundlage der Erde, mit welcher die Ausbildung ihrer Oberfläche bewirkt wurde. In der kunstreichsten Maschine, welche der menschliche Geist bisher ersonnen hat, in der Dampfmaschine, vereint er eben diese drei Mittel zu einem Zweck und wirkt eben darum mit ihr so Bedeutendes; sie ist gewissermaßen für ihn, was der vulkanische Prozeß für die Erde

ist, das belebende und eine neue Periode in der Entwickelung der Menschheit bezeichnende Element. Bisher arbeitete er nur mit neptunischen oder äolischen Hülfsmitteln allein, er hatte Segelschiffe gebaut, Wassermühlen und Windmühlen construirt, und hatte damit während eines langen Zeitraumes von Jahrtausenden seine wichtigsten Bedürfnisse befriedigt. Aber wie der neptunische Prozeß allein nicht ausreicht, die Erdoberfläche zu gestalten, so reichten auch diese Hülfsmittel für die Entwickelung der Menschheit nicht hin; erst seitdem das Feuer (die Wärme), als der integrirende Theil des bewegenden Elementes, in den Kreis der bewegenden Kräfte getreten ist, haben diejenigen Völker, welche sich seiner bedienen, schnell die Stufe der Ausbildung erstiegen, worauf die höchste Gestaltung der Menschlichkeit, als das in sich selbst compensirte wohlbefestigte Gleichgewicht ihrer Kräfte, gegründet werden muß. Dies Resultat herbeigeführt und für die Zukunft gesichert zu haben, das wird die Anerkennung sein, welche die dankbare Nachwelt der Epoche darbringen muß, in welcher wir leben."

Zwanzigster Brief.

Felsarten.

Ich habe Dir in den letzten Briefen die Entwickelungsgeschichte der Erde, wie Astronomie und Geologie uns darüber belehren, in allgemeinen Umrissen zu geben gesucht, weil dieselbe, wie Du wohl einsehen wirst, die Beantwortung Deiner Frage über die Entstehung der Alpen auf natürliche Weise einleitet. Wenn ich Deine Frage recht verstanden habe, so willst Du zuvörderst nichts Anderes wissen, als warum die Natur mit Gebirgen in einer Gegend so verschwenderisch, in anderen so sparsam ist. Du weißt nunmehr, daß die Gebirge durch die plutonische Thätigkeit des Erdinnern erhoben worden sind. Diese Hebungen geschahen durch gepreßte heiße Dämpfe und durch das Emporschieben der heißflüssigen Masse gegen die über ihr befindliche Gesteinsdecke, und es ist ganz natürlich, daß diese Thätigkeit, wo sie einmal wirkte, nicht blos auf Erhebung einzelner Stücke der Erdrinde beschränkt blieb, sondern daß sie, wo die Erde Systeme langgestreckter Zerspaltungen

hatte, emportreibend alles Vorhandene zerriß und zu Gebirgssystemen erhob. In diesem Falle konnten nicht allein die plutonischen Gesteine zu Tage treten, sondern es wurden auf weite Erstreckungen mächtige Ablagerungen von Schichtgesteinen in ein höheres Niveau gerückt und aus ihrer ursprünglichen, mehr horizontalen Lage aufgerichtet. Der Erfolg der plutonischen Thätigkeit kann überhaupt von dreifacher Art sein. Entweder wird die etwas nachgiebige feste Decke zu einer Art von gerundeter oder länglichter Blase aufgetrieben, und wenn sie in dieser Stellung verbleibt, eine Hochebene (Tafel-, Plateauland) bilden, wenn sie aber nach dem Aufhören der erhebenden Kraft zusammensinkt, sich in mehr oder minder parallele Falten zusammenschieben, die Parallelketten bilden; oder die Decke wird gesprengt, es entsteht eine einfache Hauptspalte, die plutonische Thätigkeit wirkt aber nur auf eine Seite neben der Spalte und es entsteht ein Gebirge mit einem flachen und einem steilen Abhang; oder endlich es werden beide getrennten Theile der Decke gleichmäßig gehoben, dann entsteht ein Kettengebirge mit gleichen Abfällen nach beiden Flanken und einem Längenthal auf seinem Rücken, und die Form des Gebirges wird von der Zahl, Richtung und Lage der Spalten abhangen. Wo die Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche sich nur durch vulkanische Thätigkeit im engeren Sinne kund gibt, da entsteht, wenn die Gewalt der eingeschlossenen Dämpfe groß genug ist, ein isolirter Kegelberg auf dem Festlande oder auf dem Grund des Meeres, oder es können in der Nachbarschaft mehrere solcher Durchbrüche entstehen, welche mehrere Berge erheben. Allein niemals erreichen dieselben die Höhe und geschlossene Gruppirung, wie in den eigentlichen Gebirgen, und dies ist einer der Gründe, warum die ältere plutonische von der jüngeren vulkanischen Ausbruchsthätigkeit unterschieden wird, obwohl die Grenzen beider nicht scharf zu ziehen sind, weil auch die letztere locale Erhebungen ganzer Erdkrustentheile zu bewirken vermag, wie Dir die im siebenzehnten Briefe angeführten Beispiele aus Mejico und Chile zeigen.

Doch Deine Frage betrifft wohl nicht nur die Entstehung der Gebirge, speciell diejenige der Alpen, überhaupt, Du möchtest ohne Zweifel auch die Periode kennen, wann die Alpen erhoben wurden, die Bestandtheile, aus denen sie zusammengesetzt sind, und wissen, wie das Relief, das sie zeigen, geworden ist. Bevor ich Dir darüber Aufschluß geben kann, muß ich eine Charakteristik theils der verschiedenartigen

Mineralgemenge, die man Gesteine, Felsarten nennt, theils der Formationen, welche dieselben bilden, vorausschicken.

Was das Meer von den Küsten spült oder von den Flüssen empfängt und mit den Leichen seiner Bewohner auf seinem Grunde ausbreitet, die Bauwerke der kleinen Thierwelt, der Infusorien und Madreporen, die Zerstörungen und Schöpfungen der Gewässer des Landes, die Trümmer, die sich am Fuße der Gebirge anhäufen, die Torfbildung, Alles das gehört zu der einen Art der gesteinbildenden Thätigkeit der Erde in der historischen Zeit; die andere gibt sich kund in den Umwälzungen und Schöpfungen der vulkanischen Thätigkeit; in den Ausbrüchen feuerspeiender Berge, in den Massen, welche bei Erdbeben in die zerrissenen Schichten von unten heraufgetrieben werden, in den Inseln, die plötzlich aus der Tiefe des Meeres emporsteigen, in den allmäligen Hebungen und Senkungen von Ländern und Küsten und in verwandten Erscheinungen. Im Inneren der Erde ruht jene Macht, welche die Furchen ihrer Oberfläche zieht und die fesselnden Schranken zu durchbrechen trachtet, und die innere Wärme ist es, welche die Keime dieser Reaction erhält. Aber alle diese Erscheinungen und Bildungsprozesse sind gleichsam nur als ein schwacher Abglanz von dem zu betrachten, was bei intensiverer Thätigkeit des Erdenlebens in der Urwelt, unter ganz anderen Bedingungen des Druckes und einer erhöhten Temperatur, sowohl der ganzen Erdrinde als des mit Dämpfen überfüllten und weit ausgedehnteren Luftkreises, geschehen ist.

Ich habe in den letzten Briefen wiederholt von Sedimenten gesprochen, und damit solche Felsarten gemeint, welche sich unter Wasser gebildet haben. Eigentlich aber versteht man unter Sediment oder Ablagerung jede feste, oder aus festen Theilen bestehende Masse, möge sie unter Wasser gebildet worden sein oder nicht. Sedimente können sich in der Luft bilden, wie die Ablagerungen der Gandecken, der vulkanischen Asche, oder bei Bergstürzen und Schutthalden, oder eine ursprünglich flüssige Masse ist durch Austrocknung oder Erstarrung in den festen Zustand übergegangen, wie bei Lavaströmen, Schlammströmen und Gletschern, oder endlich ein Sediment bildet sich unter Wasserbedeckung. Alle aus Wasser niedergesunkenen Stoffe, aus denen Sedimente entstanden, waren vor der Sedimentbildung entweder chemisch aufgelöst, oder schwebend und beigemengt im Wasser, und die Sedimente selbst sind entweder Producte mechanischer Absätze, oder chemischer Nieder-

schläge; aber auch bei den letzteren war das Niedersinken der Stoffe und ihre Anhäufung selbst nichts anderes als ein mechanischer Hergang der Bildung. Jede Sedimentmasse wird bei ihrer Ablagerung um so mehr den Gesetzen der Schwere Folge leisten, je feiner und ihren Theilen nach verschiebbarer, d. h. je näher sie dem Zustande der Flüssigkeit war. Die schwereren Theile fallen schneller und kommen, wenn sie anfangs mit anderen gemengt waren, tiefer zu liegen; die tieferen Stellen der Grundlage werden zuerst bedeckt, und indem die Theile längs den schiefen Flächen der Unebenheiten hinabgleiten, streben sie horizontale Flächen zu bilden; auf einer horizontalen Grundfläche lagert sich eine fein und gleichförmig vertheilte Sedimentmasse überall gleich hoch ab, so daß die obere Fläche ebenfalls horizontal ist. Dagegen weicht natürlich die Ablagerung der Sedimente um so mehr von diesen Gesetzen ab, je weniger flüssig ihre Masse, je weniger verschiebbar ihre Theile waren. Wenn Sedimentmassen ferner, worin feine und grobe Theile gemengt sind, schnell fallen, so haben ihre Theile keine Zeit, sich nach der Größe oder nach dem Gewicht zu sondern, wie wir dies z. B. bei den Gandecken sehen. Alle wässerigen Sedimente ordnen sich immer mehr oder weniger den hydrostatischen Gesetzen gemäß, weil sie sich mehr als trockene dem Flüssigkeitszustande nähern; allein diejenigen unter ihnen, welche sich aus Auflösungen ausgeschieden haben, behaupten wegen der größeren Feinheit der Theilchen den Vorrang vor denjenigen, die nur mechanisch dem Wasser beigemengt waren, und unter diesen haben wieder die feineren den Vorrang vor den gröberen. Erfolgte eine Sedimentbildung ununterbrochen und regelmäßig, so erhielt sie die Gestalt einer horizontalen, gleichmäßig dicken Platte. Mehrere solcher Platten, die auf einander folgen, laufen unter sich parallel und sind von einander durch die sogenannten Ablösungsflächen getrennt, welche beweisen, daß ihre Ablagerung periodische Unterbrechungen erlitten hat, und je deutlicher diese Trennungsflächen sind, desto länger hat die Unterbrechung gedauert. Eine aus Tafeln zusammengesetzte Sedimentmasse heißt geschichtet oder stratificirt, und die Tafeln selbst heißen Schichten, Straten, Flötze, wenn sie nahezu gleichartig, dagegen Lager oder Bänke, wenn unter denselben solche sind, die sich durch ihre Substanz oder durch besondere Eigenschaften vor den anderen auszeichnen. Die Dicke einer Schicht heißt ihre Mächtigkeit, die schmale Erdfläche derselben ihr Ausgehendes oder Kopf. In den meisten dieser Schichten

findet sich, wie Du weißt, eine zahllose Menge Ueberreste secundärer Organismen, und ihr Vorkommen in denselben erhebt die Wahrscheinlichkeit, daß sie neptunischen Ursprungs sind, zur absoluten Gewißheit, weil das Element, in welchem sich dieses wimmelnde Leben bewegte und unterging, vorzugsweise nur Wasser gewesen sein konnte.

Sedimente, trockene und flüssige, bilden sich, wie schon bemerkt, unausgesetzt. Die neptunischen Gesteinsarten sind aber nicht sehr mannigfaltig, denn die Natur hat bei der Bildung derselben verhältnißmäßig nur wenige Mineralien angewendet und sich im Allgemeinen oft derselben Substanzen bedient. Solche constituirende Bestandtheile, in mehr oder minder reinem Zustande, chemisch verbunden oder gemengt, sind die Kieselerde, Thon- und Kalkerde, und unter den Metallen nimmt das Eisen einen bedeutenden Antheil. Die Kieselerde ist ein Hauptbestandtheil der Sandsteine, die Thonerde in den Thonen und Thonschiefern, die Kalkerde setzt mit Kohlensäure die Kalkfelsen, mit Schwefelsäure den Anhydrit zusammen, der, wenn sich Wasser dazu gesellt, Gyps heißt, mit Phosphorsäure bildet die Kalkerde den Apatit (Osteolith), der als Düngmittel der Felder eine wichtige Rolle spielt, endlich mit Kieselerde und Thonerde gemengt die Mergel. Rein erscheint die Kalkerde als Kalkspath und in gewissen körnigen Kalken. — Wässerige Sedimente gehen auf folgende Weise in feste Steinmassen über. Nach erfolgter Absetzung werden in der Regel zwischen den zur Berührung gekommenen Theilchen anziehende Kräfte (Moleculakräfte) thätig, welche eine engere Verbindung derselben zu fest zusammenhängenden Steinmassen bewirken. Besteht ein Sediment aus Mineralien, welche unter gewissen Umständen im Wasser auflöslich sind, wie Kalkspath, Gyps, Eisenoxyd, so wird es oft als eine durch Cohäsion der kleinsten Theilchen zusammenhaltende Masse ausgeschieden, die dicht und homogen sein kann, wie dichter Kalkstein oder Gyps, oder körnig, wie Marmor und Dolomit, oder ungleichartige, der Grundmasse eingewachsene Theile enthalten kann, wie Schwefelkieswürfel oder Kieselnieren im dichten Kalkstein. Die Erhärtung des Niederschlags zu gänzlicher Starrheit erfolgt nur langsam durch allmälige Austrocknung, und in dieser Zwischenzeit können chemisch-elektrische Kräfte neue Verbindungen zwischen den Stoffen, innere Krystallverbindungen, die Vereinigung zerstreuter Theile zu größeren Massen (Knauern und Nestern) und eigenthümliche innere Structurverhältnisse des Sedi-

ments bewirken. Sedimente desselben Materials weichen daher auf ausgezeichnete Art von einander ab, weil Bedingungen eintraten, welche besonders in den früheren Zeiten der Erdbildung mit ihrer intensiveren Kraft die gegenseitige Wirkung einzelner uns bekannter Stoffe modificirten. War eine Sedimentmasse dem Wasser nur mechanisch beigemengt, so gestatteten nach ihrer Ablagerung die Stoffe der Cohäsion weit weniger Einwirkung und behielten oft nur so lange einige Consistenz, als sie von Feuchtigkeit durchdrungen waren. Zu festen Massen verbinden sie sich gewöhnlich erst dann, wenn ein besonderes Cement oder Bindemittel (kohlensaure Kalkerde, Kieselsäure, Eisenoxydhydrat) als flüssiger Kitt zwischen die Theile eindringt und nach der Vertrocknung einen mit denselben fest verbundenen Stoff bildet. Auf diese Weise werden gröbere Kiesmassen zu Breccien oder Conglomeraten, wie die Nagelfluh, Sandmassen zu Sandsteinen, staubartige Massen zu Thonen und Mergeln verbunden. — Hinsichtlich des inneren Gewebes der Mineralsubstanz, ihres Gefüges oder ihrer Structur, sind viele Schichtgesteine schiefrig, wenn die Theilchen nicht nach allen Seiten in gleicher Berührung stehen und bei ihnen die Dimensionen der Länge und Breite vorherrschen, wie bei Blättchen, so daß sie nur nach derjenigen Richtung fest zusammenhängen, nach welcher die Verbindung stattfindet, nach den anderen Richtungen dagegen einen schwächeren Zusammenhalt zeigen, was durch die leichtere Spaltbarkeit im Sinne dieser Richtungen erkannt wird. Gewöhnlich ist die Schieferung der Stratification parallel, so daß z. B. bei dem in den Alpen so häufigen Wechsel von Thonschiefer, Glimmerschiefer und Gneis die Grenzflächen dieser Gesteine den Schieferungsflächen gleichlaufend sind. Ein Gefüge von eigenthümlicher Art bietet der Rogenstein (Oolith) dar. Er entsteht durch Niederschlag von kohlensaurem Kalk in stark bewegten Gewässern, wodurch die Theile eine längere drehende Bewegung erleiden, während welcher sich kugelförmige Schalen um sie anlegen, und dann in Folge größeren Gewichts niederfallen. Auf diese Weise erhält das Sediment eine rogensteinförmige Structur. Enthält die Grundmasse eines Gesteins Blasenräume, welche theilweise oder ganz mit Mineralien ausgefüllt sind, die von der Natur der Grundmasse abweichen, so heißt die Structur mandelsteinförmig, eine Benennung, die von der meist mandelförmigen Gestalt der eingeschlossenen Mineralien entlehnt ist. Niederschläge schlammiger Massen aus stagnirenden

Gewässern werden häufig von Gasblasen durchzogen, und wird dann die aufsteigende Luft durch Wasser ersetzt, so erscheint nach der Vertrocknung die ganze Masse blasig oder porös. Die wässerigen Sedimente erleiden endlich durch engere Vereinigung der Theile, oder durch Austrocknung einen Rückzug (Zusammenziehung), der in ihnen Spalten, Risse oder Klüfte hervorbringt. Diese Spalten, welche bald kurz und schmal sind, bald ganze Gebirge*) durchsetzen, bleiben entweder leer oder füllen sich mit gleichen oder fremdartigen Substanzen an. Solche Gesteine nennt man zerklüftet.

Sämmtliche Schichtgesteine hat die ältere Geognosie in vier große Klassen untergebracht, über die ich Dir das Nähere in einem künftigen Briefe schreiben werde. Sie heißen von unten nach oben: Uebergangs-, secundäre oder Flötzgebirgsarten, tertiäre und jüngste Gebirgsarten. Wäre von den Hauptfactoren bei der Erdrindenbildung das Wasser allein thätig gewesen, die Physiognomie der Erdoberfläche würde eine ganz andere sein, als sie gegenwärtig ist. Ohne den hebenden Einfluß des Eruptivgesteins würde sie aus gleichförmig horizontal über einander gelagerten Schichten bestehen. „Von allen Gebirgszügen entblößt", sagt Alex. v. Humboldt, „an deren Abhang im Pflanzenwuchse und in den Abstufungen der Arten sich die Skale verminderter Luftwärme malerisch abspiegelt, nur hier und da durch Erosionsthäler gefurcht, oder durch kleine Anhäufungen von Schuttland, als Wirkung der schwach bewegten süßen Wasser, zu sanften Wellen geunebnet, würden die Continente von Pol zu Pol, unter allen Himmelsstrichen das traurig einförmige Bild der südamerikanischen Llanos oder der nordasiatischen Steppen darbieten." Aber die plutonische Thätigkeit hatte Abwechselung und Mannigfaltigkeit in Formen und Producten zur Folge und bewirkte in den erhobenen und vielfach zerrissenen Schichten, sowie in den aus dem Inneren emporgetriebenen Massen die malerische Schönheit der Gebirge.

Diese Massen bilden eine zweite Klasse von Gesteinen, in denen die Kieselerde einen Hauptbestandtheil ausmacht, weshalb man ihnen

---

*) Ich bemerke Dir, daß in der Geognosie die ganze feste Rinde der Erde, von der Oberfläche bis zu den größten, durch natürliche oder künstliche Entblößungen aufgedeckten Tiefen, Gebirge genannt wird.

den gemeinschaftlichen Namen Silicate*) gegeben hat. Sie bestehen aus dichten oder krystallinisch-körnigen Gemengen von Mineralien, die im Wasser äußerst schwierig oder gar nicht löslich sind. Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit, Nephelin und Leuzit heißen die Mineralien, aus denen die Silicate zusammengesetzt sind, und aus deren Verbindung verschiedene Gesteine hervorgehen, wie Granit, Syenit, Porphyr, Grünstein, Serpentin, Trachyt, Basalt, Phonolith und mancherlei Arten von Laven. Unabhängig von blos localen Ursachen, zeigen diese Gesteine eine merkwürdige Gesetzmäßigkeit der Verbindung von 2, 3 oder 4 dieser Mineralien, überall, wo sie untersucht worden sind, trotz der Unauflöslichkeit ihrer Bestandtheile im Wasser und ihrer ungleichen Schmelzbarkeit finden sich dieselben auf die gleiche Weise zusammengesetzt und gleichzeitig neben einander krystallisirt in allen Gegenden der Erde: am Brocken, in den Alpen und Pyrenäen, wie in Guinea, am Cap der guten Hoffnung und in den Bergen Brasiliens, im Erzgebirge und Böhmerwald, wie im Altai, Himalaja und in den blauen Bergen Neuhollands, überall auch sind die Lagerungsverhältnisse und die Oberflächenformen ähnliche. Alle Umstände deuten darauf hin, daß sie sämmtlich, wie noch gegenwärtig die vulkanischen Laven, in heißflüssigem oder wenigstens durch große Hitze erweichtem Zustande aus dem Erdinnern hervorgebrochen sind, also eine eruptive Entstehungsweise hatten, indem sie entweder thalartigen Spalten und langgedehnten Schlünden entflossen, oder aus denselben hervorgeschoben oder hervorgepreßt worden sind. Man kann sich dieselben nicht anders als durch große Wärme aufgelöst denken. Sie unterscheiden sich zwar von manchen vulkanischen Producten sehr bestimmt, wie vom aufgeblähten, schwammigen, schaumigen und blasigen Bimsstein und dem harten und zur Schärfung geeigneten Obsidian, einem Mittelding zwischen Glas und Schmelz, allein sie sind entschieden auch unter andern Verhältnissen erstarrt, als die genannten vulkanischen Pro-

*) Die Chemie nennt alle Verbindungen zweier bereits mit Sauerstoff oder einer ihm analogen Materie vereinigter Stoffe Salze, und denjenigen, worin der größere Sauerstoffgehalt ist, die Säure, den anderen die Base. Die Verbindungen der verschiedenen Erden wären also Salze, in denen die Kieselerde als Säure, die anderen als Basen zu betrachten sind. Kieselerdeverbindungen sind also kieselsaure Salze, latein. Silicate. Verbinden sich zwei kieselsaure Salze, wie im Feldspath, so heißt eine solche Verbindung ein Doppelsalz.

ducte. Der Unterschied zwischen den Laven und den plutonischen Erzeugnissen der Urwelt rührt eben sowohl vom Drucke her, unter welchem die Massen geschmolzen wurden, als von der Zeitdauer ihrer Abkühlung; ein stärkerer Druck befördert die Anziehung der Theilchen, und je allmäliger die Erstarrung, desto mehr können sich die Theilchen ordnen und nach Krystallisationsgesetzen an einander fügen. Schnelles Erkalten gibt dagegen glasartige Massen. Die formellen Unterschiede der verschiedenen Laven selbst, welche bei ihrem Hervortreten aus den Vulkanen alle feuerflüssig sind, geben uns hierüber den deutlichsten Aufschluß; denn werden natürliche Laven auf's Neue geschmolzen und schnell abgekühlt, so nehmen sie eine glasartige, dagegen eine krystallinische Beschaffenheit an, wenn man sie in eingeschlossenen Räumen langsam und allmälig abkühlen läßt. Offenbar sind also die krystallinisch körnigen Gesteine aus dem feuerflüssigen Zustande durch sehr langsame Abkühlung in den starren Zustand übergegangen. Für die eruptive Entstehungsweise dieser Gesteine in erhitztem Zustande sprechen überdies noch folgende Umstände: ihr vorzugsweises Auftreten nur in Gebirgen, welche auch nur durch sie emporgehoben worden sind; ihr augenscheinlich gewaltsames Eingedrungensein in die Spalten und Klüfte der Gesteine, wo sie sich als Gesteinsgänge (welche nicht zu verwechseln sind mit Mineral- und Erzgängen) oft auf die sonderbarste Weise verästeln und durchkreuzen, oder sich zwischen sie hineinlagern, losgerissene Fragmente umhüllen, und, wo die Gangmasse zu Tage ausbrach, die Schichtgesteine überlagerten; die Störungen, welche sie in dem Nebengestein bewirkten, indem sie von dichten, glasigen, blasigen oder zersetzten Varietäten von Breccien, Conglomeraten, Tuffen, Gangbildungen, Störungen und Veränderungen in der Lagerung derselben begleitet sind; die Art ihrer Zerklüftung, die sich von derjenigen wässeriger Sedimente unterscheidet, indem ihre Masse, beim Rückzug durch Erkaltung, sich in parallele Prismen theilte, ähnlich wie bei allen abkühlenden großen Massen; endlich der Mangel organischer Ueberreste in denselben. Sie liegen in vielerlei Gestalten, niemals geschichtet, sondern unregelmäßig massig, plattenförmig, säulenförmig, knollig oder kugelig abgesondert, neben, in und über einander. Man nennt sie krystallinische Massengesteine, Eruptivgesteine, plutonische und vulkanische Gesteine, und gab ihnen früher auch den Namen primitive oder Urgesteine, weil man in ihnen die ältesten und ursprünglichen, gleichsam die erstgeborenen Mineral-

gebilde erblicken wollte. Allein die Bildung aller Gesteine und besonders der Schichtgesteine, die so vielfach von den plutonischen Gangmassen durchdrungen sind, mußte schon vollendet sein, als die Katastrophe eintrat, welche Eruptivmassen in die bereits festen Gesteine hineintrieb. Primitive Gesteine könnten nur diejenigen sein, auf welchen das organische Leben am Grunde des Meeres zuerst begonnen hat, also die ältesten Granite und krystallinischen Schiefergesteine; auf andere Mineralgebilde ausgedehnt, ist die Benennung unrichtig, weil sie ein relatives Alter anzeigt. Es ist indeß in den Eruptivgesteinen eine Altersreihe und eine fortschreitende Entwickelung unverkennbar, wie dies denn dem allgemeinen Verlauf der Erderstarrung vollkommen entspricht. Die Bildung der Eruptivgesteine begann mit dem Empordringen flüssiger Massen durch größere oder kleinere spaltenartige Oeffnungen der ersten festen Erdrinde und dauerte fort bis jetzt unter Modificationen, welche durch das allmälige Dickerwerden der Erdrinde theils durch Erstarrung nach innen, theils durch Ablagerung von außen bedingt waren. Die ersten Zerspaltungen der verhältnißmäßig noch dünnen Rinde waren weit geöffnet, durch sie drangen große Massen mit geringer Energie und ohne bedeutende Gebirgserhebungen zu veranlassen, die ausgetretenen Massen erkalteten zwischen den heißen Spaltenwänden und unter einer dichten und warmen Atmosphäre sehr langsam und nahmen deshalb krystallinisches Gefüge an ohne alle Verglasung. Das ist der Charakter aller granitischen Gesteine. In etwas engeren Räumen, und im Allgemeinen wohl auch später, erstarrten die Grünsteine und Porphyre, dann die Melaphyre (Augitporphyre) und zuletzt die Basalte und Phonolithe, die, wenn sie in ausgedehnten Massen langsamer erkalteten, sich als Dolerite und Trachyte ausbildeten und noch jetzt als Laven ausgepreßt werden. Die nachgranitischen Eruptivgesteine fanden bereits eine viel dickere Erdrinde vor, ihr Hervortreten war daher mit viel größerer Energie und beträchtlicheren Gebirgserhebungen verbunden, daher die höchsten Gebirge nicht die ältesten, sondern die jüngeren und jüngsten Erhebungen sind. Die ältesten Eruptivgesteine sind überdies im Allgemeinen specifisch leichter, kieselerdereicher und dadurch strengflüssiger als die neueren, welche schwerer sind. Auch dieser Umstand steht im Einklange mit der allmäligen Erstarrung der Erdrinde. In dem flüssigen Erdball mußten die schwereren Theile sich gegen den Mittelpunkt senken und um sie immer leichtere sich concentrisch lagern.

Diese Anordnung nach der Schwere gibt sich nun dadurch zu erkennen, daß die äußeren leichteren Theile zuerst erstarrten, und daß die jüngeren Eruptivgesteine, wie z. B. die Basalte, eben darum die schwereren sind, weil sie aus größerer Tiefe stammen. Obgleich nun aber die plutonischen Felsarten eine gewisse Altersfolge unter sich erkennen lassen, und die granitischen, meist quarzhaltigen im Allgemeinen nur ältere, die basaltischen, durch Augit charakterisirten nur jüngere Schichtgesteine durchbrochen haben; so fehlt ihnen doch jene bestimmte Succession aller auf einander, wie wir sie bei den neptunischen Sedimenten antreffen, die sich in so unveränderlicher, stets gleicher Reihe von unten nach oben folgen, daß sie deshalb den Namen „normale Gesteine“ erhalten haben, weil sie in Beziehung auf successive Ablagerung einer Regel oder Norm unterworfen erscheinen. — Hinsichtlich der Structur unterscheiden sich die Eruptivgesteine von einander, wie die geschichteten. Besitzen ihre durch Cohäsion verbundenen Theile keine besondere Gestalt, so sind sie dicht oder homogen. Bestehen dagegen die einzelnen Theilchen aus kleineren oder größeren Krystallen, frischeckigen und scharfkantigen Körnern, die mit einander so gleichförmig verwachsen sind, daß kein Theil als den anderen umschließend betrachtet werden kann, so ist die erstarrte Masse krystallinisch körnig, und zwar entweder gleichartig, wie im Quarz- und Hornblendfels, oder ungleichartig, wie Granit und Syenit (grob- und kleinkörniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer — oder von Feldspath und Hornblende), und je nach der Größe des Korns ist sie groß-, grob-, klein- und feinkörnig, von denen die letzten oft das Ansehen dichter und homogener Gesteine haben. Wenn sich in einer einfachen oder gemengten, dichten oder feinkörnigen, glasigen oder steinigen Grundmasse krystallinische Theilchen, oder Krystalle von Mineralien, die gewöhnlich von der Grundmasse verschieden sind, gleichzeitig ausgesondert haben, so ist das Gestein porphyrartig.

Verschiedenartige Mineralien, welche mehr oder weniger enge Spalten in ungleichartiger Anordnung ausfüllen, heißen Mineral- und Erzgänge, welche als eine dritte Klasse von Gesteinen betrachtet werden können. Besonders häufig treten in ihnen auf: Quarz, Kalkspath, Braunspath, Eisenspath, Schwerspath, Flußspath, Eisenstein, Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz, Blende nebst allerlei anderen Mineralien und Erzen. Die Gänge sind aber auch auf verschiedene Art ausgefüllt worden, die einen durch Auskrystallisiren aus heißen, wässerigen Lösungen,

andere durch Sublimation aus Dämpfen, noch andere durch Injection (Einschüsse) heißflüssiger Massen, oder durch Auskrystallisiren aus erkaltenden Spaltenwänden, und bei einigen Mineral- und Erzgängen mögen mehrere dieser Ausfüllungsarten nach einander gewirkt haben. Noch jetzt erfüllen sich solche Spalten auf die eine oder die andere der angeführten Weisen. Weil ein großer Theil der Spalten und Klüfte, die an der Außenfläche oder im Inneren des Bodens vorkommen, sehr wahrscheinlich mit Erdbeben in engster Verbindung gestanden haben, so belehrt die Lage und Richtung der Gänge über das Vorkommen früherer Erdbeben und über die Richtung ihrer Einwirkung auf den Boden; und wenn in einer Gegend Gänge nach verschiedenen Richtungen vorkommen, die einander durchschneiden, so ist durch das relative Alter der Gänge auch dasjenige der Erdbeben gegeben, die mit ihnen in Verbindung standen.

Eine vierte Klasse von Gesteinen endlich machen die krystallinischen Schiefergesteine aus, welche am häufigsten in Gebirgen und in der Nachbarschaft von Massengesteinen auftreten. Sie setzen ganze Gebirge zusammen und erstrecken sich, theils an der Oberfläche, theils von Schichtgesteinen bedeckt, über ganze Länderstrecken. In den Centralalpen bilden sie ausschließlich den Erdboden bis in meist unbekannte Tiefen, und überall, wo der Boden von gewöhnlichen Kalk-, Sand- oder anderen Schichtgesteinen bedeckt ist, darf man sie als Grundlage dieser Sedimente vermuthen, da sie in großer Erstreckung am Rande derselben zu Tage treten. Dienen sie daher den Schichtgesteinen zur Unterlage, so bilden sie andrerseits häufig die Form oder Hülle der Massengesteine. Die krystallinischen Schiefer: Talkschiefer, Chloritschiefer, Serpentinschiefer, Glimmerschiefer, Quarzschiefer, Hornblendschiefer, Gneis u. a. sind aus Quarz, Glimmer, Chlorit, Talk, Feldspath, Hornblende und ähnlichen Mineralien zusammengesetzt, aus Mineralien also, welche im Wasser fast ganz unlöslich sind, so daß nicht anzunehmen ist, daß der krystallinische Verband, in dem sie sich in diesen Gesteinen befinden, das Product eines Niederschlags aus Lösung in Wasser sei, und wenn sie zwar oft eine schichtförmige Anordnung und Absonderung zeigen, so fehlen ihnen in der Regel doch die organischen Reste. Sie schließen sich zunächst dem über ihnen gelagerten Thonschiefer, häufig aber auch in den Alpen als Flyschschiefer an, so daß es oft unmöglich wird, zwischen glänzenden

Thonschiefern, oder Flyschgesteinen und krystallinischen Schiefern eine Grenze zu ziehen. — Was die Entstehungsweise dieser Schiefergesteine betrifft, so mögen einige derselben, wie die krystallinischen Massengesteine, in einem durch Hitze erweichten Zustande aus dem Erdinnern hervorgetreten sein, während dagegen der gegenwärtige Zustand des größeren Theiles derselben der Art ist, daß ihre Schichtung und Lagerung einerseits auf neptunische Entstehung hinweiset, während andrerseits Gefüge und mineralische Zusammensetzung sich damit nicht vertragen will. Die neuere Erklärung dieser Erscheinung läßt diese Schiefer durch bedeutende Umwandlungen (Metamorphosen) in den Zustand übergegangen sein, in welchem wir sie antreffen.

Die Umwandlungen oder Metamorphosen der Gesteine gehören unstreitig zu den merkwürdigeren Thatsachen in der Geognosie, es sind Veränderungen, die in der großen Werkstätte der Natur an Gesteinarten vor sich gegangen sind, die unbestritten einen neptunischen Ursprung haben, wie an Sand, Thonen, erdigen und dichten Kalksteinen u. s. w. Faßt man den Begriff Metamorphismus im weitesten Sinne auf, so kann man darunter die Bildungen der Korallen (Korallenklippen und Inseln), der Infusorien und Polythalamien verstehen. Das Kreidegebirge z. B. ist, wie das Mikroskop nachweist, eine Kalkpolythalamienbildung, und die in demselben vorkommenden Feuersteinnieren sind Kieselinfusorienbildungen, wie die jüngeren Lager von Bergmehl, Trippel u. s. w. Die Kalkschalen der Polythalamien und die Kieselpanzer der Infusorien verhalten sich dann zu einem solchen Gebirge, wie die Sandkörner zum Sandsteingebirge. Diese Bildungen setzen natürlich das Vorhandensein von Kalk und Kiesel voraus, sei es am Grund der Gewässer oder in Auflösung, woraus diese Thiere feste Behausungen oder Bedeckungen absondern. Das nach dem Absterben der Thiere sich bildende Sediment ist also als eine eigenthümliche Umwandlung oder Modification der kalkigen oder kieseligen Substanz zu halten. Ebenso könnte man dahin auch die Kohlenbildung ziehen, die vom Torf durch Braunkohle und Schwarzkohle (Steinkohle) bis zum Kohlenstein (Anthrazit) eine fast stetige, immer steinartiger werdende Stufenreihe bildet. Man versteht jedoch unter Gesteinsmetamorphose gewöhnlich die Umwandlungen unter Mitwirkung von thierischen oder pflanzlichen Organismen nicht, sondern faßt den Begriff in einem engeren Sinne. Du hast auf Deiner Alpenwanderung Gelegenheit genug gehabt, zu bemerken,

daß die Gesteine unserer Berge nicht in demselben Zustande verharren; ist ja doch stete Bewegung, Aenderung des Zustandes der Substanz eines der allgemeinsten Gesetze der Natur, dem auch die härtesten Gesteine unterliegen, deren Aenderungen jedoch dem Grade und der Zeit nach sehr ungleich sind, je nachdem sie von allgemeinen oder besonderen, mehr oder weniger energischen Ursachen bedingt werden. In einem beschränkteren Sinne versteht man daher unter Metamorphismus jede Veränderung der Aggregation, Structur oder chemischen Beschaffenheit, welche die Felsarten nach ihrer Ablagerung und Befestigung durch Einwirkungen erlitten haben, welche von anderen Kräften, als von der Cohäsion und Schwere, herrühren. Dahin gehört: die Entfärbung der Oberfläche schwarzer Kalksteine durch Verlust des Kohlenstoffs, die Bildung braunrother Ueberzüge auf Felsen von Kalkstein, Sandstein, vielen Schiefergesteinen, Serpentin, Granit u. a. durch Zersetzung von fein eingesprengtem Schwefel- oder Magneteisen, die Umwandlung von Anhydrit in Gyps durch Wasseraufnahme, das Zerfallen mancher Granite und Porphyre in Grus durch Zerstörung des Glimmers oder Feldspaths. In einem noch engeren Sinne beschränkt sich der Begriff auf Umwandlungen der Gesteine, welche nicht durch Einwirkung der Atmosphäre oder des Wassers auf die Außenfläche, sondern durch die innere Thätigkeit der eigenen chemischen Bestandtheile der Gesteine, hauptsächlich aber durch Ursachen erzeugt werden, welche im Inneren der Erde ihren Sitz haben, und mittelbar oder unmittelbar metamorphisch wirken. Eine sehr bedeutende Rolle bei diesen Umwandlungen spielt die Wärme, und man kann diesen Metamorphismus den plutonischen nennen. Den Einfluß, den eine schnelle oder langsame Abkühlung und der Rückzug im Erkalten auf die Aggregation und Structur erstarrender geschmolzener Massen ausüben, habe ich schon erwähnt. Von welcher Art derselbe auf geschichtete neptunische Steinarten sei, darüber können uns theils brennende Steinkohlenflötze, theils die Industrie des Menschen in Hochöfen belehren, und man hat eben deshalb auf diesen Einfluß aus den Veränderungen geschlossen, welche die neptunischen Steinarten in der Nähe solcher zeigen, die früher in feurigem Flusse, oder doch stark erhitzt gewesen sind. Der Kalkstein besteht aus Kalkerde und Kohlensäure; wird letztere durch große Hitze ausgetrieben, so zerfällt das Gestein und wird zu dem Material, das wir als Mörtel gebrauchen, die Trennung der Kohlensäure wird aber verhindert, wenn der erhitzte Kalkstein unter einem

großen Drucke steht, in welchem Falle er zu einer festen Masse umgewandelt wird. Je nach dem Grad der Temperatur und des Drucks macht der Kalkstein eine Menge Stufen der Metamorphose durch. Auf niedrigen Umwandlungsstufen ändert er seine Farbe, indem er meist blaß bis weiß, bunt geflammt und gestreift wird; zeigen die durchscheinenden Kanten einen Anfang der Schmelzung an, so ist der Bruch muschelig, die Masse vollkommen dicht, oder das Gestein wird hart, spröd, klingend, oder es zerfällt in eckige Trümmer oder Sand. In diesen findet sich in den Alpen der Kalk häufig in Berührung mit Gneis. Auf der letzten Stufe der Metamorphose erscheint der Kalkstein als groß- bis feinkörniger weißer Marmor. Der Einfluß der Wärme auf Thonarten, welche dadurch erhärten, verglasen, die Farbe ändern, ist Dir aus Ziegelöfen bekannt. Man sieht daher in Graubündten und anderwärts die Thonschiefer, wo sie an Serpentin grenzen, in ein deutlich oder verwachsen schiefriges, meist grünliches Gestein übergehen, das man „Gabbro rosso“ nennt. Wie die Wärme für sich, so besitzen auch heiße Dämpfe eine gesteinumwandelnde Kraft. Wenn die Hitze der Wasserdämpfe größer ist als diejenige, bei welcher Gußeisen schmilzt, so üben die Feldspathgesteine einen schnell zersetzenden Einfluß, ebenso auf andere Silicate, und ist ihnen Schwefelsäure beigemengt, so bilden sich unter Anderem Gypsgesteine, die entweder aus Kalksteinen, oder statt Kalksteinen entstehen. Im erstern Fall geht ein chemischer Stoffumsatz vor sich, indem der kohlensaure Kalk in schwefelsauren umgewandelt wird, wobei die Säuren umgetauscht werden. Steinarten gewinnen auch einen ganz veränderten Charakter, wenn geschmolzene Substanzen in zarten Adern und Fasern in solcher Menge in Gebirgsmassen eingedrungen sind, daß der neu hinzugetretene Stoff sich als einen wesentlichen Bestandtheil derselben geltend macht. Studer hält einen Ursprung dieser Art für manche Quarzite in Wallis und Graubündten in den Regionen des Flysch nicht für unwahrscheinlich. (Quarzit ist ein körniges Quarzgestein und der Flysch ist ein zwischen Kalk- und Thonschiefer schwankendes Schiefergestein.) Es gibt eine Substanz, die Bittererde, welche bei den Erden dieselbe Rolle spielt, wie der Sauerstoff bei den Metallen, indem ihr Hinzutreten den Mineralien und Gesteinen andere Formen und einen fremdartigen Charakter verleiht. Die Bittererde oder Talkerde ist das Oxyd des Magnium, dessen auflösliche Verbindungen sich durch ihren bitteren Geschmack und ihre abführende Wirkung auszeichnen. Sie wandelt

den Kalkstein in Dolomit um, der große Gebirgsmassen zusammensetzt und ein inniges Gemenge von kohlensaurer Kalkerde mit kohlensaurer Talkerde ist, oder in dem die kohlensaure Kalkerde in kohlensaure Talkerde umgewandelt wird, wobei die Basen ausgetauscht sind. Der dichte Dolomit, mit graulich weißer, gelber oder braunrother, wie bestaubter Oberfläche, meist äußerst zähe, geschichtet, aber zugleich senkrecht zerklüftet, verräth auf jede Weise in den Alpen seinen metamorphischen Ursprung. Mächtige Lagerfolgen dieses Dolomits bilden zwischen dem Gneis und dem Kalk meist die Grundlage der bunten Schiefer, Quarzite und Talkconglomerate. Die größte Ausdehnung hat in den Alpen der weiße oder graue, verwachsen körnige Dolomit, und in Graubündten, wo er nackte, furchtbar zerrissene Felsstöcke bildet, trägt er größtentheils diesen Charakter. Die höchste Stufe der Umwandlung zeigt der hellgraue oder weiße zuckerartige Dolomit. Lagerfolgen dieses schönen Gesteins sind enge verbunden mit geschichteten Massen körnigen Marmors, und sind in den Centralalpen den krystallinischen Schiefergebirgen eingelagert. Dolomite haben selbst wieder eine Umwandlung in körnigen Marmor erlitten, wo sie, wie in Bündten, mit Serpentin in Berührung sind. Ueber den Ursprung des Talkerdegehalts im Dolomit ist man noch nicht einig, aber daß der Dolomit keine ursprüngliche Bildung ist, scheint schon daraus hervorzugehen, daß man eine Verbindung von kohlensaurer Kalkerde mit kohlensaurer Talkerde im Großen nirgends in der Natur entstehen sieht.

Aus Obigem siehst Du nun, daß große Wärme und heiße Dämpfe vielfach umgestaltend auf die Gesteine wirken, und es liegt daher nahe, daß bei den ältesten und untersten neptunischen Schichten, welche von jeher den Eruptionsmassen am nächsten gelegen haben, solche Umwandlungen im größten Maßstabe vor sich gehen mußten. Ohne allen Zweifel sind daher die krystallinischen Schiefer unserer Alpen metamorphischen Ursprungs, man sieht sie auch in Bern, Wallis und Bündten aus Thon- und Flyschschiefern sich entwickeln, selbst wenn die letzteren Steinarten von ihnen entfernt sind. „Wenn", sagt Studer, „ein solches System von versteinerungführenden nichtkrystallinischen Flysch- und Thonschiefern in nicht großer Entfernung von einer denselben Typus tragenden Gruppe krystallinischer Gesteine auftritt, wie die Flyschgesteine von Schalfick und Prättigau in der Nähe der Talkschiefer, grünen Schiefer, Quarzite und Marmor in Oberhalbstein, so drängt sich von selbst der Gedanke auf,

die einzelnen Steinarten des krystallinischen Gebirgs mit analogen des unveränderten zu vergleichen, und, sowie den Marmor von dem Kalkstein, die krystallinischen Schiefer von dem Thonschiefer oder Flysch abzuleiten." Diese Annahme wird nicht nur durch die Thatsachen, welche uns über den umwandelnden Einfluß der Hitze und der Dämpfe belehren, sondern auch durch die Beobachtungen im Großen unterstützt. In manchen Thälern der Hochalpen läßt sich die Art dieser Umwandlung so zu sagen Schritt für Schritt beobachten; der herrschende Talkflysch wird zuerst krystallinisch, dann geht er in Glimmerschiefer und zuletzt in Gneis über. Die Entstehung der krystallinischen Schiefer aus neptunisch abgelagerten Massen durch Metamorphose ist als eine Thatsache zu betrachten, aber die Erklärung dieses Prozesses nach Grundsätzen, die nicht mit den Lehren der Physik und Chemie im Widerspruche stehen, ist bis jetzt nicht möglich gewesen.

Es lassen sich Epochen, in welchen die Umwandlungsprozesse stattgefunden haben, unterscheiden, theils nach dem unmittelbaren Zusammenhang der umgewandelten Gesteine mit Felsarten, deren Stellung in der Altersfolge der Schichtgesteine bekannt ist, theils nach den Lagerungsverhältnissen der metamorphischen Gesteine und aus dem Einfluß, den sie in unmittelbarer Berührung auf Nebengesteine von bekanntem Alter ausgeübt haben. Daraus ergibt sich, daß diese Prozesse in sehr verschiedenen Epochen stattgefunden haben und bei vielen metamorphischen Gesteinen unausgesetzt fortdauern. Die Entstehung der Gneise und Glimmerschiefer geht in vielen Gegenden in unbestimmbar alte Zeiten zurück, da die ihnen aufgesetzten ältesten Gesteine nicht von der Umwandlung ergriffen wurden und daher jünger zu sein scheinen; dagegen bedeckt der Gneis und Glimmerschiefer in Graubündten, im Berner-Oberland und in Wallis, wo er an den Rufenen Belemniten einschließt, Kalksteine, welche nach der Steinkohle abgelagert wurden, und muß also jünger sein als sie. In Glarus sind noch jüngere geschichtete Felsarten, als die Kalksteine, in bunte Thonschiefer und gneisartige Gesteine übergegangen.

Einundzwanzigster Brief.

Gesteinsgruppen.

Statt der älteren Unterscheidung der neptunischen Sedimente in Uebergangs-, Secundär-, Tertiärgebirge und in Schutt- und Schwemmland ist eine andere gebräuchlicher geworden, welche dieselben in eine Reihe geologischer Gruppen eintheilt, deren jede aus verschiedenen Formationen besteht. Unter Formation versteht man gewöhnlich alle diejenigen Sedimente, die unter ähnlichen Verhältnissen und ohne längere Unterbrechung in einerlei geologischem Zeitraum entstanden sind, also z. B. die ganze Schichtenfolge, welche von demselben Meere abgesetzt worden ist. Du kannst Dir leicht vorstellen, daß seit der Epoche, da durch starke Niederschläge der ursprüngliche Seeboden erhöht und durch die plutonischen Kräfte theils zu submarinen Plateaus, theils über den Meeresspiegel erhoben worden ist, sich größere oder kleinere Meeresbecken gebildet haben, die entweder abgeschlossen waren, oder durch Kanäle mit einander in Verbindung standen, und deren Wasser hinsichtlich der in ihm aufgelösten oder suspendirten mineralischen Bestandtheile eine verschiedene Beschaffenheit hatte. Denn ein allgemeines Meer, aus dem sich die ganze Folge der Formationen abgelagert, und das seine Beschaffenheit und folglich auch diejenige seiner Ablagerungen successive verändert, und zu einer gewissen Zeit überall nur denselben Kalkstein, zu einer anderen überall nur denselben Sandstein abgesetzt hätte, war eine irrige Hypothese der älteren Geologie. Die neptunischen Formationen, welche theils unter Meeres-, theils unter Süßwasserbedeckung sich gebildet haben, umfassen gewöhnlich eine Reihenfolge von Lagern, welche entweder von gleicher oder ungleicher Gesteinsbeschaffenheit sind. Treten unter den gleichartigen ungleichartige Lager auf, so heißen die letzteren der Formation untergeordnet, es sind eingelagerte Nebenglieder derselben. Denke Dir drei ganz gleich gebundene und drei andere ganz gleich broschirte Bände Bücher, und alle sechs Bände, von denen die gebundenen und broschirten jedesmal bei einander stehen, etwa an ein anderes Buch schief angelehnt, so daß sie eine parallele Lage zu einander haben, so nennt man eine solche Lage, wenn Du an die Stelle der Bücher die Schichten zweier an einander grenzenden Formationen setzest, eine gleichförmige Lagerung der zwei stratificirten Formationen, weil

ihre Schichten parallel sind; wenn aber die broschirten Bände gegen die schief angelehnten gebundenen eine horizontale Lage auf dem Tische haben, so nennt man eine ungleiche Stellung der Schichten zweier Formationen eine ungleichförmige oder abweichende Lagerung, und die obere Formation (entsprechend den Broschüren) heißt, je nachdem die Neigung der Grenzfläche beider Formationen weniger oder mehr als 45° gegen den Horizont beträgt, aufgelagert oder angelagert, und die untere Formation unterteuft die obere oder schießt ein.

Ich habe Dir beiläufig früher schon geschrieben, daß es für den Geologen oft sehr schwierig ist, das Alter verschiedener Formationen aus ihrem geologischen Charakter zu erkennen. Man darf also nicht erwarten, in der Steinart jedesmal entscheidende Kennzeichen zur Bestimmung der Gleichzeitigkeit oder Altersverschiedenheit der Formationen zu finden. Aber auch die Lagerungsverhältnisse geben hierbei nicht immer sichere Anhaltspunkte, weil durch die Hebungen von unten nach oben viele Schichten, besonders in den Alpen, ganz und gar aus ihrer relativen Lage zu anderen, aus ihrem ursprünglichen natürlichen Verbande verworfen worden sind, so daß Schichten von Formationen, welche sonst die angrenzenden unterteufen, dieselben überlagern oder umgekehrt. Was die Steinart betrifft, so sind Formationen gefunden worden, welche, wie ihre organischen Ueberreste zeigen, den ältesten des Erdbodens beigezählt werden müssen, und deren Steinart sich nicht wesentlich von derjenigen jüngerer Formationen unterscheidet, während es wiederum andere gibt, die nach ihren Versteinerungen zu den jüngeren Formationen gehören und in ihrer Steinart ganz den sogenannten Uebergangsgesteinen entsprechen, wie der Kalk-, Sandstein und Schiefer der Alpen. Ueberdies gibt es Formationen, welche, wie Du aus dem letzten Briefe weißt, theilweise den vollständigen Charakter neptunischer Sedimente an sich tragen, in ihrem weiteren Fortstreichen aber in ausgezeichnet krystallinische Gesteine übergehen. In so zweifelhaften Fällen entscheidet daher nicht die Steinart, auch nicht das Lagerungsverhältniß, sondern der organische Charakter der Formationen, die in ihnen eingeschlossenen Ueberreste von Thieren über ihr Alter; sie haben auch zum Theil den Namen geliefert, wie beim Muschelkalk und Nummulitenkalk.

Die neptunischen Formationen und Gruppen liegen überall, wo man sie sicher wieder erkennt, in derselben Reihenfolge über einander. Die Gesteinsgruppen in Mitteleuropa folgen in nachstehender Lagerung

von unten nach oben auf einander, wobei die krystallinischen Schiefer, als die untersten, umgewandelten Sedimente, die Grundlage bilden.

1. Die Grauwackengruppe (Uebergangsgebirg), die zuunterst aus verschieden gefärbten, meistens schwarzen oder grauen Thonschiefern besteht, denen Kalkbänke, und diesen wieder graue, meist sehr feste Sandsteine (Grauwacken) übergelagert sind. Die ganze Gruppe wird, nach einigen englischen Bezirken, in das cambrische, silurische und devonsche System eingetheilt, von denen jedoch das erste und unterste, in welchem, vielleicht wegen der Nachbarschaft der Gneis- und Glimmerschiefer, nur unsichere und kümmerliche Spuren von Organismen entdeckt worden sind, aufgegeben wird. Die nächste, silurische Formation dagegen enthält unzweideutige Denkmale des früheren Lebens, Seepflanzen, Polypen, Crinoiden, Trilobiten, Cephalopoden, Fische u. a., letztere jedoch erst im devonschen System. Den alten rothen Sandstein, mit thonigem, stark eisenhaltigem Cement, rechnen die Einen noch zum devonschen System, Andere zu der folgenden Gruppe, mit welcher die secundären oder Flötzgebirge beginnen.

2. Die Steinkohlengruppe wurde zu einer Zeit gebildet, in welcher der kohlensaure Kalk in ungeheurer Menge längs den Küsten und Inseln des Oceans, in Gegenwart einer enorm zahlreichen Korallen-, Crinoiden- und Muschelbevölkerung abgelagert wurde, während in manchen Gegenden der Erde Stellen trockenen Landes mit der üppigsten Vegetation bedeckt waren; darauf folgte eine vergleichungsweise kurze Zeit plutonischer Störungen, durch welche Sandconglomerate gebildet wurden, und die Ursachen, welche der Massenbildung des Kalkes und der Vermehrung der Strahlthiere günstig waren, wurden schwächer, dagegen brachte die zunehmende Ausdehnung des trockenen Landes eine Waldvegetation hervor, die Alles übertraf, was die geschütztesten tropischen Gegenden der gegenwärtigen Oberfläche zu erzeugen vermögen. Die Wälder und Dickichte jener Periode liegen als Steinkohlen in dieser Gruppe begraben. Rechnet man zu ihr den alten rothen Sandstein, so besteht sie aus zwei Sandstein- und zwei Kalksteinformationen. Auf dem rothen Sandstein ruht nämlich der Bergkalk- und Kohlenkalkstein, und auf diesem der Kohlensandstein, auch Roth- oder Todtliegendes genannt, weil das folgende Gestein reich an Kupfererzen, er selbst aber daran leer (taub oder todt) ist. Er ist der

Begleiter der reichsten Steinkohlenbildungen, die in den Alpen nur schwach vertreten sind. Zu dieser Gruppe wird noch gezählt ein harter, theils reiner, theils dolomitischer Kalkstein, der viele Kupfererze führt, in der Schweiz gänzlich fehlt und in der sächsischen Bergsprache Zechstein heißt.

3. Die Triasgruppe besteht zunächst aus einem z. B. im Schwarzwald und in den Vogesen außerordentlich häufigen, an manchen Orten reichliche Kupfererze enthaltenden Sandstein, der neuer rother, oder bunter Sandstein heißt, meist roth, auch von anderen bunten Farben, bis weiß. Auf ihn folgt der Muschelkalk, rauchgrau und reich an versteinerten Muschelüberresten, die zuweilen die übrige Steinmasse fast verdrängen. Auf den Muschelkalk folgt wieder eine Sandsteinformation mit Schiefern (bunten Mergeln und Letten), welche nach koburgischer Bergsprache Keuper heißt. Diese drei Formationen (Dreizahl, Trias), denen Gyps und Steinsalz als Nebenglieder angehören, sind im Jura deutlich erkennbar, in den Alpen dagegen ist ihr Vorkommen nicht ganz sicher. Im Zechstein treten die ersten Reptilien auf, in der Trias kommen sie in Menge vor, Schildkröten, gewaltige Eidechsen, Frosch- und Krötenarten; der specifische Charakter der Crinoiden und Muscheln weicht durchgängig von dem ihrer Vorfahren derselben Ordnung ab. Wenn man auf Sandsteinplatten der Kohlenzeit und anderer Formationen Runzeln oder Wellenmarken findet, die offenbar dadurch entstanden sind, daß der zu Steinplatten erhärtete Sand am Ufer des Meeres durch die eine Fluth wellenförmig gerippt, durch die andere mit einer frischen Sandlage überdeckt worden ist, so tragen dagegen die Flächen der bunten Sandsteine Eindrücke von Regentropfen, von einem Regen also, der in den unabsehbar fernen Zeiten fiel, als jener Sandstein gebildet wurde; außerdem zeigt dieser Sandstein häufige Abdrücke von Fußtapfen, welche Schildkröten zugeschrieben werden.

4. Auf die Trias folgt die Juragruppe, oder Jura kurzweg, welcher in der Schweiz in drei Formationen zerfällt, in den schwarzen oder unteren Jura, Lias genannt, der aus dunkelgrauen Kalksteinen, Sandsteinen und Schiefern besteht und eine stets sehr deutliche Stratification zeigt; in einen braunen, mittleren Jura, Jurakalkstein oder Dolith; zuletzt aus einem weißen, oberen Jura, der obere Dolith, der aus Portland- und Korallenkalk besteht. Der letztere bezeichnet deutlich einen Theil der Küsten des Jurameers, über welche hinaus auch die

früher abgelagerten Liasgebilde kaum noch gefunden werden. In den Bestandtheilen der Gesteine des Jura und der Trias findet sich ein bedeutender Wechsel und es zeigt sich, daß der Meeresgrund der einen Periode hauptsächlich sandig, der der anderen besonders thon- und kalkhaltig war. Auch der organische Charakter des Jura bekundet, daß mit ihm eine veränderte Naturordnung beginnt. Die Versteinerungen, fast lauter Meeresgeschöpfe, sind in ungeheurer Menge darin enthalten und nähern sich den Typen der Jetztwelt immer mehr; die unterscheidenden Charaktere des Thierreichs sind dabei über eine große Flächenausdehnung hin gleichförmig, denn das jurassische System findet sich nicht nur in der Schweiz, in den Alpen wie im Jura, sondern auch in Deutschland, Frankreich, England, in Afrika, in Indien und im Missisippithal. Unter den Thierüberresten nenne ich hier Polypen, Korallen, Mollusken, Crustaceen, zum ersten Mal Echiniten (Seeigel), unter den Cephalopoden in großer Menge und Mannigfaltigkeit die wunderbaren Ammoniten und Belemniten, denen die Jetztwelt nur entfernt ähnliche Thiere aufzuweisen hat, Fische und Schildkröten u. a. Pflanzenüberreste finden sich fast nur in den Mergeln dieser Gruppe, wie Schafthalme, Farren, Tannen, Ahorne u. s. w.

5. Auf dem Jura liegt, als das letzte Glied der Flötzgebirge, die Kreidegruppe, vom Jura und den höher liegenden tertiären Formationen als ein abgeschlossenes, durch Steinart und Organismen sich auszeichnendes Ganze. Sie zerfällt in drei Meeresformationen, den Neocomien (von Neocomum, Neuenburg, in dessen Nähe dieses Kreideglied aufgefunden wurde); in einen sehr feinkörnigen Quarzsandstein, weiß oder mit vielen grünen Körnern, Grünsand genannt; endlich in einen weißen festen, oder schreibenden Kalkstein, die Kreide, von welcher in Frankreich, England und Deutschland die ganze Gruppe ihren Namen hat. Die Kreidegruppe dehnt sich aber auch über Scandinavien und Rußland aus, und wird ebenso in Amerika und wahrscheinlich noch in anderen Theilen der Erde gefunden werden. Nach den mikroskopischen Untersuchungen Ehrenberg's besteht die weiße Kreide theils aus unorganischen Theilchen von körnigem, schiefrigem Niederschlag, theils aus Polythalamienmuscheln von so außerordentlicher Kleinheit, daß zehn Millionen derselben in einem Kubikzoll Kreide enthalten sein sollen. In unserem Jura kommen nur die älteren Glieder der Gruppe vor, und mit ihnen vereinigt finden sich Ablagerungen von

Eisenerz, dem bekannten Bohnerz; in den Alpen dagegen bilden die verschiedenen jüngeren Kreidestufen von Savoyen bis nach dem Sentis zahlreiche Berge. Es gehört nämlich zur Kreide auch der mehrmals genannte Flysch und der Nummulitenkalk (Pfennigstein, von seinen Muscheln so genannt), welche vom Thunersee bis zum Rheinthal in den an das Mittelland angrenzenden Gebirgen hauptsächlich vorherrschend sind. In der Kreidegruppe beginnen neue, aber auch sogleich wieder erlöschende Thiergattungen, andere erreichen hier das letzte Stadium ihrer Culmination, wie Echiniten, Eidechsen u. a., endlich kommen in ihr mehrere Gruppen in der Jurazeit oder schon früher entwickelter organischer Formen zum gänzlichen Erlöschen, so die Crinoiden, Ammoniten und Belemniten. Mit der Kreide schließt daher ein wichtiger Abschnitt in der Geologie; die späteren Ablagerungen werden localer, die Eruptionen nähern sich mehr den ächt vulkanischen, die Oberflächenformen gestalten sich mannigfaltiger, höhere Gebirge treten hervor, unter den Organismen begegnen wir den ersten noch lebenden Formen, während alle älteren Arten ohne Ausnahme ausgestorben sind, und die bis dahin nur durch unsichere Spuren angedeuteten Säugethiere treten in großer Zahl auf der Erde auf. Die Ablagerungen nach der Kreide werden daher mit Recht nicht mehr zum Flötz- oder secundären Gebirge gezählt.

6. Die auf die Kreide folgende Molassegruppe wird eben deshalb durch die tertiären Formationen gebildet, welche aus lauter Trümmergesteinen bestehen, Conglomeraten, Breccien, grob- und feinkörnigen Sandsteinen und Nagelflue, zu denen die durch vorhergegangene Erschütterungen und Umwälzungen zerstörten Gesteine das Material lieferten, und die sich entweder durch ein Cement verbunden, oder lose und locker angehäuft auf einer der früheren Formationen abgelagert haben. Die einen dieser Gesteinarten sind Sedimente aus salzigen oder süßen Wassern, andere verdanken ihre Bildung der Nähe plutonischer oder vulkanischer Gesteine. Die Vertiefungen, welche durch die tertiären Formationen ausgefüllt werden, müssen als die Betten von Aestuarien und Golfen angesehen werden, die beim Ende der Kreideperiode übrig geblieben sind, und an einigen Orten ist durch die abwechselnden Meer- und Süßwasserformationen nachgewiesen, daß diese Aestuarien einem Wechsel von Hebung und Senkung des Bodens unterworfen gewesen waren. Zu den untersten Schichten dieser Gruppe, welche von einer in der französischen Schweiz für weiche (mou, mol) Sandsteine gebräuch-

lichen Benennung den Namen erhalten hat, gehören mancherlei Sandsteine, welche an der Nordseite unserer Alpen in engster Verbindung mit Nagelflue und Mergeln eine breite Zone von Hügelland bilden und die großen Thäler des Jura erfüllen. Dabei kommen Süßwasserkalksteine, Kohlen, Braunkohlen und Thon zum Theil als Nebenglieder vor. Nach ihren organischen Ueberresten zu schließen, ist die Molasse theils Meeresmolasse (Muschelsandstein), theils Süßwassermolasse, aus einer Zeit stammend, in welcher nicht nur das Land, sondern auch die großen Seen und Ströme von allerlei Thieren und Pflanzen bewohnt waren, und es scheint sich überhaupt das System der Flüsse und Landgewässer erst in und nach der Molasseperiode recht entwickelt zu haben. Was die klimatischen Verhältnisse dieser Epoche betrifft, so deuten die Pflanzenüberreste immer noch auf ein Klima hin, das wärmer war, als das jetzige.

7. Das Schutt- und Schwemmland (Diluvium und Alluvium), welches als die letzte Gruppe auf die Molasse folgt, macht überall die oberste Decke der Erde aus, wo der ältere Felsboden nicht zu Tage geht. Die einen dieser Gesteine gehören einer älteren, vorgeschichtlichen Zeit an, ehe der Mensch auf der Erde erschienen, Diluvialbildungen, die anderen sind Producte der historischen und jüngsten Zeit, Alluvialbildungen. Durch basaltische Hebungen, durch Landgewässer und atmosphärische Einwirkungen waren zur Tertiärzeit große Vorräthe lockeren Materials aufgehäuft worden; was verwitterte, hatte sich in Thon und Lehm, das Festere in Kies und Sand und theilweise in Conglomerate verwandelt. Da senkte sich, nach den Einen, der Erdraum des jetzigen Europa noch einmal unter das Meeresniveau, so daß nur die Gebirge insularisch hervorragten, oder es wurde, nach der Meinung Anderer, das nördliche Polarmeer entweder durch Erhebung seines Bodens oder durch die Aenderung der Ekliptik weithin über das Land gedrängt (Diluvialzeit, petridelaunische Fluth). Die lockeren Haufwerke wurden von den Fluthen über alle Gegenden verbreitet und mit ihnen selbst die Spalten und Höhlen der niederen Berge ausgefüllt, und dabei fanden viele zum Theil sehr große Säugethiere, wie Mammuths, Tapire, Ochsen, Pferde, Hirsche, Bären, Löwen, Tiger, Hyänen u. s. f., welche damals diese Gegenden reichlich bewohnten, ihr Grab. Nach dieser diluvischen Wasserbedeckung, die nicht von langer Dauer gewesen zu sein scheint, deren Einwirkung aber unverkennbar ist,

erhob sich Europa durch die unterirdischen Kräfte in seiner jetzigen Gestalt aus dem Wasser, welches, indem es bei seinem Abströmen allgemeinen Richtungslinien der Gebirge, örtlichen Zerspaltungen, oder leicht zerstörbaren Gesteinzügen folgte, die Thäler und Buchten ausfurchte, die noch jetzt den meisten größeren Gewässern zum Ablaufe dienen. Wenn in der Tertiärepoche die Festlande ihren Triumph zu feiern beginnen, indem alle verschiedenen Thiergemeinden, deren Leben fast ausschließlich an das feste Land geknüpft ist, feste Wohnsitze bekommen, so scheint der Boden erst nach seiner Erhebung aus der Diluvialfluth zum zweckmäßigen und schönen Wohnplatz des Menschen vorbereitet gewesen zu sein. Die wahre Quelle einer reichen und lebendigen Thätigkeit der Natur haben wir immer nur unter der Form und dem Einflusse großer Contraste zu suchen; diese entwickelten sich immer mehr in dem Verhältniß, in welchem sich die Festlandsmassen ausbildeten, und so mußte das vollkommenste Geschöpf der Erde, der Mensch, nothwendig ihr Jüngstgeborner sein. — Die Alluvialbildungen sind meist lose und frei aufgehäufte Sand- und Schuttlagen, mit welchen mehr oder minder mächtige Lehm- und Mergelschichten abwechseln. In ihnen erst findet man, neben fossilen Gebeinen, welche aus älteren Schichten losgespült sind, und solchen, welche Arten der Gegenwart angehören, Menschenknochen in Begleitung von mancherlei Kunstwerken, welche noch nach Jahrtausenden eine gewisse Gleichzeitigkeit, d. h. die Ablagerung nach Erschaffung des Menschengeschlechts, verrathen werden. Luft, Witterung und Wasser, Hitze und Frost sind die Kräfte, welche auf chemischem oder mechanischem Wege, auflösend und zerstörend, bis auf unsere Tage unausgesetzt immer neue Mineralbildungen hervorbringen, wie Gerölle und Geschiebe verschiedener Art, Breccien, Tuf- und Tropfsteine, Riet- und Torfboden, Sand, Schlamm, Acker- und Dammerde. Einige dieser Schichten, die fast alle Trümmergesteine im weitesten Sinne sind, erreichen eine ziemliche Festigkeit; aber im Allgemeinen ist ein lockeres Gefüge, ein loser Zusammenhang und eine erdige Beschaffenheit Hauptcharakter für diese jüngsten Bildungen. Unter denselben ist die Dammerde die allgemeinste und jüngste, die, wie sie den eigentlichen Herd des Daseins organischer Wesen ausmacht, auf der anderen Seite auch wieder Product der absterbenden Geschöpfe ist. Sie entsteht aus der Mengung der Bestandtheile abgestorbener Vegetabilien und Thiere mit den obersten Massen des aufgelockerten Bodens. Dieses Gemenge von or-

ganischen und unorganischen Materien ist der eigentliche Boden der Pflanzen, welche aus ihm und seinen Bestandtheilen mit dem Wasser die ernährenden Stoffe in sich aufnehmen. Als Hauptproduct der Vermoderung organischer Substanzen wird der Humus angesehen, eine braune, bis schwarze pulverartige Substanz, die Feuchtigkeit so stark einsaugend und condensirend, daß sie $^3/_4$ ihres Gewichtes Wasser enthalten kann, ohne naß auszusehen, in Berührung mit der Atmosphäre zum Theil sich in Kohlensäure umwandelnd und hiedurch zum Kohlensäuregehalt der Quellwasser und der Luft beitragend. Der Humus ist es, der, wenn er mit Vegetation bedeckt ist, die Ernährung der Pflanzen wesentlich unterstützt; mit jeder Ernte, die wir von unseren Aeckern nehmen, berauben wir dieselben eines Theiles ihres Humus, so daß sie zuletzt nicht mehr ertragfähig werden, wenn ihnen durch Dünger kein Ersatz zugeführt wird. Die Bestandtheile des Humus sind dieselben, wie diejenigen des Torfs, nur sind die in ihm vorkommenden Säuren (Humussäure, Quellsäure, Quellsalzsäure und Phosphorsäure) vollständig, oder doch größtentheils an erdige Basen gebunden.

Man nimmt die Mächtigkeit der uns zugänglichen horizontalen Formationsfolge zu 15,000′ an, und, nach einer mittleren blos ungefähren Schätzung, diejenige aller Formationen, mit Einschluß der Schiefer und des Granits, zu 50,000 Fuß. Davon kämen auf die jüngeren Formationen von der Kreide an 1000 Fuß, auf das Secundärgebirge 5000 Fuß, auf die Grauwackengruppe 10,000 Fuß, und die übrigen 34,000 Fuß auf die Schiefer und den Granit. Sind diese Formationen zusammen nicht dicker, so betragen diese 50,000 Fuß nur etwa den 400sten Theil des Erdhalbmessers, was auf einem Globus von 1 Fuß Durchmesser einem Papierüberzug von nicht ganz ein Fünftel Linie Dicke gleich käme. Allein man nimmt die Mächtigkeit sämmtlicher Gesteinsgruppen größer an, zumal da die senkrechte Entfernung zwischen den breitesten Flächen der Schiefer und des Granits sehr wahrscheinlich nicht ihre wahre Mächtigkeit mißt. Wenn man aber die durchschnittliche Dicke der jüngeren Formationen zu 4000, die des Secundärgebirges zu 32,000, die des Uebergangsgebirges zu 60,000, und endlich die der krystallinischen Schiefer und des Granits zu 144,000 Fuß, also die Gesammtmächtigkeit zu 240,000 Fuß annimmt, so dürfte diese Schätzung vielleicht zu groß sein.

Wenn Du glaubtest, daß die Gruppen und Formationen, wie ich

sie Dir oben nach ihrer Altersreihe angeführt habe, überall vorhanden seien, so würdest Du Dich irren; es fehlen vielmehr viele derselben oft auf großen Strecken, wie gerade in unseren Alpen, wo sie entweder nie gebildet, oder vielleicht wieder theilweise zerstört worden sind. Ihre ganze Reihe haben die Geologen durch Zusammenstellung der in einzelnen Landstrichen gefundenen Ueberlagerungen der Schichtenreihen festgestellt; denn wo nur zwei oder auch mehrere Formationen von den 20 bis 30, die man kennt, sich vorfinden, da folgen sie sich in der beschriebenen Ordnung, es sei denn, daß dieselbe durch eine Katastrophe, welche nach der Ablagerung der Formationen eintrat, umgeworfen worden ist, wie deutliche Beispiele solcher Ueberstürzungen unsere Alpen darbieten. Die Erscheinung, daß einzelne Formationen in der Regel nur einzelne Theile der Erdoberfläche einnehmen, widerlegt erstlich die oben berührte Hypothese eines allgemeinen, den ganzen Erdkörper bedeckenden Meeres, indem, wenn sie richtig wäre, die Erde rundum von den Ablagerungen sämmtlicher Formationen, wie von concentrischen Schalen, umgeben sein müßte; sodann ist sie aber auch ein neuer Beweis, daß von jeher die plutonischen Kräfte gegen die erstarrende Erdrinde reagirt haben. Denn die einfachste Erklärung dieser Erscheinung sowohl wie des Vorkommens derselben Formationen mit ihren Versteinerungen in sehr verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel besteht in der Annahme periodischer Veränderungen des Niveaus der Meeresbecken, in denen die Formationen abgelagert wurden, oder wenigstens eines Theiles derselben, und dieser Wechsel dauert, wie Du weißt, jetzt noch fort, wenn auch so langsam, daß er in dem Zeitraume menschlicher Beobachtung fast verschwindend klein ist. Wo die Formationen regelmäßig auf einander folgen, wie etwa in England, ist die Annahme einer einzigen Hebung der ganzen Formationsfolge genügend; wo aber die letztere, wie im südlicheren Europa, Unterbrechungen zeigt, wird man annehmen müssen, daß diese Gegenden während der Bildungszeit der fehlenden Formationen trocken gelegen, also vorher gehoben worden seien, daß sie aber später wieder eingesunken seien, um die Ablagerung der jüngeren Formationen aufzunehmen, bis zuletzt eine neue Hebung stattgefunden habe. Dieser Wechsel von Hebung und Senkung, wie ihn in der historischen Zeit z. B. die Gegend von Pozzuoli zeigt, muß so oft zugegeben werden, als Lücken in der Reihe der Bildungen vorkommen. Solche Bewegungen sind aber immer nur local und auf die Gegend beschränkt,

deren Verhältnisse ihre Annahme fordern, während ein veränderlicher Wechsel in der Höhe des Meeres, wie Andere ihn angenommen haben, sich über die ganze Erdfläche ausgedehnt haben würde. Nach dieser Annahme müßte z. B. das Kreidemeer, aus dem sich die mächtigen, von einer lange fortgesetzten Bildung zeugenden Schichten der älteren Kreide in den Alpen abgelagert haben, aus einer Höhe von 12,000 Fuß stufenweise bis auf sein jetziges Niveau sich zurückgezogen haben, und da die jüngere Kreide sich auf den verschiedensten Stufen findet, von 10,000 Fuß, wie in den Alpen, bis unter den heutigen Meeresspiegel, so müßte das Meer von Neuem auf seine frühere Höhe gestiegen und denselben stufenweisen Rückzug noch einmal durchlaufen haben; endlich würde das Vorkommen der Molasse im Thalboden von Lachaurdefond ein abermaliges Ansteigen des Meeres bis wenigstens zu 3000 Fuß Höhe und ein eben so tiefes Sinken voraussetzen. Was aber aus dem Wasser geworden, das die Neptunisten, von denen diese Hypothese herrührt, über die höchsten Berge haben steigen lassen, diese Frage vermochten dieselben nie genügend zu beantworten. Wir sind allerdings gewohnt, das Land als das Feste, das Meer als das Bewegliche anzusehen, und gleichwohl ist die Sache in den Augen der Naturforscher gerade umgekehrt. Das Meer behält seine gleiche mittlere Höhe unverändert bei, während das Land gegen dieses unveränderliche Niveau seine Lage vielfach verändert. Ich habe Dich vorhin an die Gegend von Pozzuoli erinnert; Darwin hat nachgewiesen, daß in der Südsee große Streifen neben einander liegen, auf denen abwechselnd Hebung und Senkung stattfindet. In eine solche Region des Sinkens gehört auch Neuholland. Dieser seltsame Welttheil, weit entfernt, ein neues junges Land zu sein, ist vielmehr mit seiner wunderlichen, fast aller Verwandtschaft entbehrenden Flora, mit seiner nicht minder abweichenden, in mannigfacher Beziehung an längst vergangene Bildungsperioden der Erde erinnernden Thierwelt ein alter Erdtheil, den vielleicht die Fluthen allmälig begraben. Die Annahme eines periodischen Wechsels in localen Hebungen und Senkungen des Landes ist daher viel einfacher, und darum auch natürlicher, als diejenige des wechselnden Meeresstandes; an dem einen Orte wurde der Meeresboden zu Festland oder erhob sich zu Gebirgen, während anderwärts die Ablagerungen auf ihm fortdauerten oder das benachbarte Festland wieder unter den Meeresspiegel in den Bereich der Ablagerung hinabsank. Du wirst daher wohl, wenn Du Dir die Lücken in der Folge

der Formationen deuten willst, der neueren Erklärung vor der älteren neptunistischen Deinen Beifall schenken.

Zweiundzwanzigster Brief.

Erhebung der Alpen.

Heute endlich kann ich auf die Beantwortung Deiner Frage über die Entstehung der Alpen näher eintreten, und Du wirst Dich überzeugen, daß der Umweg, den ich genommen habe, sicherer zum Ziele führte, als wenn ich zur Befriedigung Deines Wunsches den nächsten Weg eingeschlagen hätte.

Es ist eine der interessantesten und wichtigsten Aufgaben der geologischen Untersuchung, die Epochen genauer zu bestimmen, in welchen die Hebungen und ihre Aufrichtung zu Gebirgen auf einander gefolgt sind. Wenn man von der Thatsache ausgeht, daß die neptunischen Sedimente in unabänderlicher Reihe auf einander folgen und stellenweise von unten gehoben worden sind, so versteht es sich von selbst, daß nur solche Schichten gehoben und zu Gebirgen aufgerichtet werden konnten, die bereits vorhanden waren, als die Hebung erfolgte, daß dagegen diejenigen Schichten, welche erst nach der Hebung abgesetzt wurden, am Fuß des Gebirges angelagert angetroffen werden müssen. Aus diesem einfachen, naturgemäßen Gedanken, der zuerst von dem französischen Geologen Elie de Beaumont ausgesprochen worden ist, lassen sich nun für die Epoche der Erhebung eines Gebirgs mehrere Folgerungen ableiten. Wir werden aus dem Vorkommen einer neptunischen Formation auf der Höhe eines Gebirgs schließen müssen, daß zur Zeit der Ablagerung dieser Formation der Boden unter, aus ihrem Fehlen, daß derselbe zu jener Zeit über dem Meeresspiegel sich befunden habe. Viele der höchsten Gipfel und Hochflächen der Alpen und der südeuropäischen Gebirge überhaupt werden von Fucoidenschiefer, der der jüngsten Secundärzeit angehört, bedeckt, woraus folgt, daß nach Ablagerung der Juraformation die Gegend der Alpen und das südliche Europa noch unter dem Meeresspiegel lag. Das jüngste Tertiärgebilde fehlt dagegen im Inneren und auf allen Höhen der Alpen, während es in den nördlich

und südlich denselben vorliegenden Niederungen mächtig entwickelt ist; die Alpen müssen sich also aus dem Meere zu der Zeit erhoben haben, als die Tertiärformationen abgelagert wurden. Zu weiteren Folgerungen führt die Schichtenstellung und das Lagerungsverhältniß angrenzender Formationen. Längs dem äußeren Rande der Alpen sind die Schichten der jüngsten Tertiärbildung steil geneigt oder stehen selbst vertikal; es muß daher eine neuere Bewegung des Alpensystems nach der Tertiärzeit stattgefunden haben, weil eine jede Hebung, wodurch die Schichten mehrerer Formationen, die früher horizontal anstießen, in eine steile Lage gebracht worden sind, später erfolgt sein mußte, als die Ablagerung der jüngsten dieser Formationen. An die steilen tertiären Schichten am Rande der Alpen stoßen aber die horizontalen Lager der diluvialen Kiesbildung, welche von jenen unterteuft werden. Die neuere Hebung fällt daher nothwendig zwischen die Bildungszeit der tertiären und diluvialen Lager. Wenn endlich von ungleichförmig gelagerten Formationen eine derselben eine Drehung erfährt, so erhalten auch diejenigen Schichten, welche früher horizontal anstießen, eine geneigte Lage, und jüngere Bildungen lagern sich horizontal auf sie ab; nun liegt der Kies am Rande der Alpen ungleichförmig auf der Molasse, diese aber und die Kreide- und Juraschichten liegen ungleichförmig auf den älteren, Anthrazit führenden schwarzen Sandsteinen in Conglomeraten in Savoyen und Wallis; es haben also wenigstens zwei Hebungen, eine ältere vor der Juraperiode und eine jüngere vor der Kiesablagerung stattgefunden.

Als Resultat aus Obigem ergibt sich also, daß die Erhebung der Alpen innerhalb eines sehr langen Zeitraums und in diesem in verschiedenen Epochen erfolgt ist, so daß die Schichten, je älter sie sind, im Allgemeinen auch um so mehr gehoben wurden. Der Zeitraum, innerhalb welchem diese verschiedenen Erhebungen stattfanden, beginnt vor der Ablagerung der Jura- und Kreidegruppe, und endigt nach Ablagerung der Molassegruppe, deren Glieder zu einem großen Theile noch der Gebirgskette angehören, weil sie mit erhoben worden sind.

Noch auf ein anderes Princip läßt sich die Erhebungsepoche der Alpen, wie jedes anderen Gebirges, stützen, nämlich auf die übereinstimmende Erstreckung verschiedener Gebirgsketten, Thäler und Lagersysteme. Zuvor bemerke ich Dir aber, daß man in der Geognosie unter

dem Streichen der Schichten ihre Ausdehnung in die Länge, ihre Verbreitung nach einer bestimmten Weltgegend, also eine Richtung derselben versteht, die sich mitten unter theilweisen Störungen und Unterbrechungen darthut, und mit dem Streichen oder der Erstreckung der Gebirgszüge nicht zu verwechseln ist. Wie parallele Mineralgänge, von denen ich Dir im zwanzigsten Briefe geschrieben habe, eine gleichzeitige Entstehung annehmen lassen, eben so können parallele Thäler und Gebirgsketten, insofern sie auf Spaltungen der Erdrinde beruhen, als gleichzeitig entstanden, parallel streichende Schichtensysteme als zugleich aufgerichtet betrachtet werden. Ist daher, nach dem Princip Elie de Beaumont's, für eine der Gebirgsketten das Alter bestimmt worden, so kann daraus das Alter der anderen Parallelketten abgeleitet werden. In den Gebirgen des Gr. Bernhard und des Bagnethales ist nun, nach Studer, das Streichen der Schichtung, welches, wie schon bemerkt, vom Streichen der Gebirgszüge verschieden ist, der Längenare und dem Streichen der Montblancmasse von SW nach NO parallel, in den östlichen Thälern des Wallis dagegen dem Streichen der Berner-Alpen von WSW nach ONO. Wenn sich nun ermitteln ließe, ob die Masse der Berner-Alpen und der mit ihnen zusammenhängenden Dödikette früher oder später als die Montblancmasse erhoben worden sei, so würde diese Altersbestimmung auch die parallel streichenden Walliser-Alpen treffen. Man nimmt nun an, daß die Montblancmasse vor den Walliser-Alpen erhoben worden sei, woraus also für die ihnen parallelen Berner-Alpen eine spätere Erhebungszeit folgen würde. Der Parallelismus der Juraketten deutet einen gemeinschaftlichen Ursprung derselben an; dürfen in diese Gemeinschaft auch die Berner-Alpen gezogen werden, so wäre die für sie geltende Altersbestimmung auch auf die Juraketten auszudehnen.

Auch aus dieser Betrachtung geht also hervor, daß die Alpen ihre gegenwärtige Gestalt und Größe mehrfachen Hebungen verdanken, die während eines großen Zeitraums erfolgt sind. Natürlich ist eine genaue Zeitangabe derselben nicht möglich, da die Grundlagen, auf denen eine nähere Bestimmung der Hebungsepochen beruht, zur Zeit noch nicht die für alle Fälle wünschbare Sicherheit gewähren. Der Schluß vom parallelen Streichen zweier verschiedener Gebirgsketten z. B. auf die Gleichzeitigkeit ihrer Entstehung scheint aus dem Grunde nicht immer statthaft zu sein, weil die Richtung ihres Streichens allein, ohne Ermittlung anderer Thatsachen, keinen nothwendig bestimmenden Einfluß auf ihr Alter

zu haben braucht. Dagegen ist das Vorkommen oder Fehlen gewisser neptunischer Sedimente auf dem Boden, der jetzt trocken liegt, ein sicheres, wenngleich auch nicht in allen Fällen ganz untrügliches Kriterium für die Lage desselben über oder unter dem Meere der Epoche, in welcher die Ablagerung jener Sedimente stattfand. Wenigstens kann das Fehlen von Formationen auch andere Ursachen haben, als die Erhebung des Bodens über dem Meeresspiegel; es können Sedimente nach ihrer Ablagerung durch starke Strömungen unter dem Meere oder durch gewaltsame Wasserfluthen über demselben, oder durch plutonische Kräfte zerstört worden sein, oder es können da, wo metamorphische Gesteine die Oberfläche bilden oder nur von jüngeren Formationen bedeckt sind, wie gerade in den Alpen, die krystallinischen Schiefer selbst eine Umwandlung der fehlenden älteren Formationen sein, oder endlich es können ältere Sedimente durch Bedeckung mit jüngeren oder durch Zurücksinken in das Meer sich der Beobachtung entzogen haben. Immerhin aber bleibt es ausgemacht, daß die Schwankungen des Erdbodens von jeher ungleichförmig gewesen sind; während eine Gegend eine lange Zeit hindurch der Ruhe genoß, versank oder erhob sich abwechselnd eine andere benachbarte, so daß viele Hunderttausende von Jahren rückwärts dasselbe Spiel die Geographie der Erde bestimmt und verändert hat, und darüber gibt uns allerdings das Princip Elie de Beaumont's unzweifelhaften Aufschluß.

Berücksichtigt man die bis jetzt bekannt gewordene Verbreitung der einzelnen Formationen, so kann man das successive Erscheinen der verschiedenen Theile des europäischen Festlandes unter folgende Hauptabschnitte bringen.

1. Das ausgedehnteste Territorium über der Oberfläche des Wassers bildeten in der Region des jetzigen Europa Skandinavien und ein Theil von Rußland, die sich zu Ende der Uebergangszeit aus dem Meere erhoben und seitdem nicht wieder von demselben bedeckt worden sind. Dasselbe gilt von Nordamerika, so daß das Vorherrschen des Landes auf der nördlichen Halbkugel in die ältesten Zeiten zurückzugehen scheint. Die Ablagerungen in Rußland blieben meist horizontal, sind wenig gehärtet und haben beschränktere metamorphische Einwirkungen erlitten. Es erhoben sich in dieser Zeit im Westen des jetzigen Europa einige Inseln; England und Schottland waren längs ihrer Westküste durch mehrere größere Inseln markirt, Frankreich durch einige

einsame Eilande, welche der Bretagne und dem Tafellande der Auvergne entsprechen.

2. In den Meeren, die zurückgeblieben oder durch Einsenkung des Bodens neu entstanden waren, lagerten sich die älteren Secundärschichten ab, und hierauf erfolgten neue Hebungen. In England wurde der Höhenzug trocken gelegt, der von Derby bis zur schottischen Grenze reicht und von mächtigen Kohlenschichten begleitet ist. Im mittleren Deutschland fand eine mehrmalige gruppenweise Aufrichtung in Partien statt, welche in den Ardennen, der Eifel, dem Westerwald nach der Kohlenbildung einer früheren des Hundsrücks und Taunus vor derselben folgte. Vor der Jurabildung wurde der Thüringer- und Böhmerwald gehoben. Andere Erhebungen erfolgten in der Gegend der Vogesen und des Schwarzwaldes, das sogenannte System des Rheins, das die jüngeren Glieder der Trias, den Muschelkalk und Keuper, nicht mehr gehoben hat, und im südlichen Frankreich wurden Landstriche in der Provence trocken gelegt; in größerer Ausdehnung hob sich der Boden im östlichen Rußland. Es war also bis dahin im mittleren und südlichen Europa noch nicht viel Land über dem Meeresspiegel, der größere Theil jener Gegenden war vielmehr von dem Jurameere bedeckt, aus dem sich die Dolithbildungen abgelagert haben. Norddeutschland bildete in diesem Meere drei Landzungen, eine westliche, die sich bis Valenciennes erstreckte, und zwei südliche in der Gegend der Vogesen und des Schwarzwaldes.

3. Während der Juraepoche und am Schlusse derselben gewann das Land eine neue Ausdehnung. Es erhoben sich zur Zeit der Kreidebildung die Meeralpen, welche vorzugsweise aus Juraschichten bestehen, die alle gehoben sind, und an welche die jüngeren Kreideglieder horizontal anstoßen, während die ältesten in der Hebung mit inbegriffen sind. Ein Streif von Juragesteinen dehnte sich längs dem östlichen Abfall der in der Bretagne aufgestiegenen Massen von Osten her tief nach Frankreich hinein, wo er das Becken von Paris in einer weiten Bucht umzieht. Ueber Lothringen und die Franche-Comté vereinigte dieser Landstrich sich mit der gleichzeitig in Süddeutschland trocken gelegten Masse und trennte bis an die russische Grenze das nördliche Kreidemeer von dem südlichen. Zu der Zeit also, wo das Meer von jenen eigenthümlichen Cephalopoden, den Ammoniten, Belemniten und anderen ähn-

lichen Geschöpfen bevölkert war, während von seinem Grunde lilienförmige Encriniten aufsproßten und an seinen Küsten riesenhafte Schildkröten und Eidechsenarten hausten, war die Gegend, wo jetzt die mittleren und östlichen Alpen mit ihren Schneegipfeln in die Wolken aufragen, ganz vom Kreidemeere bedeckt. Dieses verbreitete sich überdies von der Schweiz über Südeuropa tief nach Afrika hinein und stand mit dem indischen Meere in Verbindung.

4. Die Stelle der nordspanischen Gebirge und der Alpen scheint bis zur Molassezeit durch eine Inselreihe vertreten gewesen zu sein. Allein als die Tertiärbildungen begannen, wurde die Küstenlinie jenes großen südlichen Meeres wesentlich verändert. Es gestaltete sich die Inselreihe zu zusammenhängenden Gebirgszonen. Zuerst erhob sich die Montblancmasse. Aus den Stoffen, welche damals die Erdrinde durchbrachen, entstand der Alpengranit, woraus der Montblanc, der Monterosa und andere Centralmassen bestehen, denen man hier begegnet und um welche herum die jurassischen Ablagerungen, die Kreide und die tertiären Gebilde sich erheben. Dieser Granit, den man zu einer Zeit, als die Wissenschaft noch weniger vorgeschritten war, Protogyn (Erstgeboren) nannte, und in welchem Quarz, zwei Feldspatharten (Orthose und Oligoklas), Glimmer und Talk die Grundbestandtheile sind, ist jünger, als die jüngsten Tertiärgebilde. Nach der Montblancmasse erhob sich das System der Alpen von Wallis bis nach Oesterreich und wahrscheinlich durch Seitendruck unser Jura. Alle diese Alpengebirge, welche die höchsten Spitzen von Europa enthalten, sind auf der Erdoberfläche erschienen erst nach der zweiten tertiären Ablagerung. Gleichzeitig mit den Alpen erhoben sich theilweise die drei südlichen Halbinseln, Afrika erhielt Stücke seiner Nordküste, und das Mittelmeer, das sich seinem jetzigen Umrisse anzunähern begann, trennte sich immer mehr von dem großen Südmeer. Das südliche Frankreich und der Raum zwischen den Alpen und den süddeutschen Gebirgen war von großen Süßwasserseen bedeckt. Aber wahrscheinlich senkte sich das Land wieder, und es erfolgte ein neuer Einbruch des Tertiärmeers, so daß ein bald offener, bald durch Inseln und Riffe ganz oder theilweise durchbrochener Kanal das atlantische und mittelländische Meer durch Südfrankreich, die Schweiz und Oesterreich mit dem damals noch über Südrußland bis tief nach Asien sich erstreckenden schwarzen und caspischen Meere verband.

5. Nach der Erhebung des Systems der Hauptalpen, mit welcher östlich vom Monterosa das Auftreten des Melaphyrs und Serpentins in Verbindung stand, und an der auch ein großer Theil des europäischen Bodens Theil nahm, wie denn wirklich die Oberfläche dieses Continents oft in einer sanften Abdachung gegen die Firste dieser großen Kette ansteigt, erfolgte eine neue Hebung, welche der Verbindung zwischen den vorhin genannten Meeren ein Ende machte und Europa größtentheils seine jetzige Gestalt gab. Jedoch dauerten die Bodenschwankungen und Küstenveränderungen fort, und als bereits die Schweiz, Südfrankreich und Italien meist trocken lagen, befanden sich die weiten Umgebungen des schwarzen und caspischen Meeres, beträchtliche Theile von Sicilien, Dänemark und andere Gegenden noch lange unter Meeresbedeckung.

Das Arealverhältniß des Landes zum Meere ist also in der langen Reihenfolge der geognostischen Epochen sehr verschieden gewesen, je nachdem Steinkohlen an die gehobenen Schichten von Bergkalk und altem rothen Sandstein, Lias und Jura an das Gestade von Keuper und Muschelkalk, Kreide an die Abhänge von Jurakalk und die Tertiärgebilde an die aufgerichteten Schichten der Kreide sich horizontal abgelagert haben. Die Verbreitung der verschiedenen Formationen, welche Absätze aus steinbildenden Meeren sind, die in stets veränderten Umrissen nach einander die Erdoberfläche bedeckten, lehrt uns die Grenzen zwischen Land und Wasser und die senkrechten Dimensionen des gehobenen Landes in den verschiedenen Perioden der Erdoberflächenbildung kennen, weshalb man für diesen physischen Theil der ältesten Geographie Karten entworfen hat, „Karten, sagt A. v. Humboldt, die vielleicht sicherer sind, als die der Wanderungen der Jo oder der homerischen Geographie. Die letzteren stellen Meinungen, mythische Gebilde graphisch dar; die ersteren Thatsachen der positiven Formationslehre.“

Alle Erhebungen einzelner Gebirge sind Wirkungen von „Erhebungskatastrophen,“ von Epochen, die nicht für Hebungen auf einen Ruck genommen werden dürfen. Nur eine Epoche konnte den Montblanc, den Monterosa und andere, wie krystallinische Inseln über die umgebenden Berge emporragende, Centralmassen gehoben haben, nicht zeitweise wiederholte Stöße; denn die Kraft des letzten, der die ganze Masse zu heben vermochte, wäre eben so wunderbar, als die plötzliche Erhebung während der Hebungskatastrophe. Daß die Alpen ihre jetzige Ausdehnung mehreren solchen Katastrophen verdanken, ist wiederholt

bemerkt worden. Wenn Du die angeführten Erhebungssysteme unter einander vergleichst, so wirst Du finden, daß die ältesten Gebirgszüge im Allgemeinen niedrig und von geringer Ausdehnung sind, die jüngeren dagegen immer höher werden und größere Strecken durchziehen, je näher die Hebung der Gegenwart kommt. Die Ursache scheint in der fortschreitenden Verdichtung und Contraction der Erdrinde zu liegen, wodurch die geschmolzenen Massen des Inneren in eine solche Spannung kamen, daß ihr Durchbruch um so intensiver werden mußte und Schichten von großer Mächtigkeit aufrichtete. Die Anden Amerika's sind daher nicht älter, als die Hauptkette der Alpen, sie sind vielleicht sogar jünger. Dafür scheinen unter Anderem die vielen Vulkane auf ihren Kämmen und Hochebenen zu zeugen, welche die besterhaltene Communication des Inneren unsers Planeten mit dem Luftkreise darbieten. Vulkane sind aber die jüngsten und letzten Producte der Reaction des Erdinneren gegen die Oberfläche, und Gebirgszüge, die, wie die Anden, so reich an Vulkanen sind, müssen, scheint es, schon deshalb später als alle nicht von Vulkanen begleiteten Bergketten gehoben oder verändert worden sein. Ob die Zukunft unsers Planeten den Zustand der Ruhe, dessen wir uns gegenwärtig zu erfreuen haben, beibehalten werde, oder ob diese Ruhe nur temporär sei, dies ist eine Frage, die mit Gewißheit weder bejaht noch verneint werden kann. In allen zwischen den geologischen Krisen liegenden großen Zeiträumen, während denen sich die verschiedenen Sedimente ablagerten, herrschte eine Zeit der Ruhe, auf welche oft plötzlich mehr oder weniger gewaltige Katastrophen eintraten, von denen gerade die jüngsten die bedeutendsten waren. Ein Gesetz aber, das uns gestattete, ein Ende für die Reihenfolge der Erdumwälzungen anzunehmen, ist noch nicht gefunden. Die Erdbeben, welche von Zeit zu Zeit in den Alpen, im Jura und im Mittelland verspürt werden, zeugen dafür, daß die erschütternden und hebenden Kräfte des Erdinnern, welche in unseren Gegenden einst so mächtig gewirkt haben, noch unter unseren Füßen thätig sind, und die Erhebung des Vulkans Jorullo und eines Flächenraums von 4 Quadratmeilen Größe am 29. Sept. 1759, nach 90 Tagen Erdbebens und unterirdischen Donners, läßt eben nicht auf eine bedeutende Abnahme in der Intensität dieser Kräfte schließen, anderer Verheerungen, welche Erdbeben in neuester Zeit in Kleinasien und Griechenland angerichtet haben, nicht zu gedenken.

Dreiundzwanzigster Brief.

Bau der Alpen.

Ich beabsichtige, Dir heute ein Bild von dem eigenthümlichen Bau der Alpen zu entwerfen, halte es aber nicht für überflüssig, gewissen unklaren geographischen Erinnerungen durch eine genauere Bestimmung einiger hieher gehöriger Begriffe vorher zu Hülfe zu kommen.

Was zunächst die Thäler betrifft, so unterscheidet man mehrere Klassen derselben. Stimmt die Richtung eines Thales ungefähr mit derjenigen des ganzen Gebirges überein und ist seine Thallinie dem Streichen der Schichtung parallel, so ist dasselbe ein Längenthal, wie das Rhonethal in Wallis, das Vorderrheinthal und das Engadin; durchschneidet ein Thal die Richtung des Gebirgs und der Schichtung rechtwinklig, so nimmt es den Charakter eines Spaltenthales an, indem seine Wände meist felsig und steil sind, es ist ein Querthal, wie das Hinterrheinthal, die Thäler der Reuß und des Tessin, diejenigen der Rhone und des Rheins von Martigny und Chur an. Thäler, die anderen Richtungen, als die beiden genannten folgen, sind Diagonalthäler. Im alpinischen Boden der Schweiz rissen Spalten nach allen Richtungen, nicht nur nach Länge und Quere, auf, die sich später durch Auswaschung zu Thälern und Seebecken erweiterten, und gerade diese Mannigfaltigkeit der Thalrichtungen unterscheidet unser Gebirgsland von den östlichen Alpen und verleiht ihm den Reiz landschaftlicher Abwechselung. Nach der Art ihrer Entstehung lassen sich folgende Thäler unterscheiden. Erosionsthäler sind durch fließende Gewässer entstanden, welche in Folge ihrer ausrodenden Wirksamkeit von jeher ihre Thäler, darin ihre Betten und in diesen ihre Rinnen selbst gruben, indem sie widerstehende Schichtmassen theilweise zerstörten, durchbrachen und fortschwemmten. Diese Thäler finden sich besonders in Gegenden, deren Boden durch horizontale oder wenig geneigte Schichten gebildet wird, die im Grunde der Thäler und durch alle Erhöhungen gleichmäßig fortsetzen. Wir werden überhaupt auf Wasserwirkung schließen müssen bei allen längeren Thälern, die sich in ein größeres Thal, in eine Ebene oder in einen See öffnen, deren Thalboden von seinem Ursprung bis zu seinem Ausgang sich senkt, und die längs den Thalwänden viel-

leicht Spuren von Terrassen und Stromablagerungen zeigen. Andere Thäler, die Einsturzthäler, sind entstanden durch das Einsinken oder Einstürzen des erhobenen Bodens. Manchmal sind solche Thäler von steilen Ringwällen umgeben und bilden alsdann Kesselthäler, welche in den Alpen öfters im Hintergrund der Querthäler sich finden, wo diese letzteren in die Ketten einschneiden. Man nähert sich durch unregelmäßige, oft enge Thäler auf einem längs steilen Seitengehängen fortziehenden Wege, neben welchem in spaltartiger Tiefe der Fluß dahinschäumt, dem Inneren des Gebirgs, da erweitert sich plötzlich das Thal, ein flacher Weideboden liegt vor uns, Wasserfälle stürzen über die hohen Felswände und der Fluß schlängelt sich zwischen oft veränderten Ufern dem Ausgang zu. Schams im Hinterrheinthal ist ein solcher Kessel, welcher auf entgegenstehenden Seiten mit engen Thälern, mit der Via mala und mit Ferrera und der Roffla, verbunden ist und als eine plötzliche Erweiterung des Hauptthales erscheint; eben so der Thalboden von Engelberg und Hasli im Grund, in welchem sich die Zuflüsse zahlreicher Seitenthäler vereinigen, deren Zwischenketten an dem Kessel mit prallig abgeschnittenen Felswänden endigen. Sind Thäler nicht durch Auswaschung oder das Einsinken einer früher sie ausfüllenden Masse, sondern durch Aufrichtung oder das Aufsteigen ihrer Seitengebirge entstanden, so sind sie Hebungsthäler, die ebenfalls von Ringwällen umgeben sind. Verdanken endlich Thäler ihren Ursprung den Zerspaltungen des erhobenen Bodens, so heißen sie Spaltenthäler.

Müssen wir, um den Ursprung sehr vieler Thäler zu erklären, auf die Thätigkeit des Erdinneren zurückgehen, so sind wir dazu in noch höherem Grade genöthigt, wenn wir uns die verschiedenen Gestalten deuten wollen, unter denen Gebirgssysteme auftreten. Die Hauptquelle, aus welcher die unterirdische Thätigkeit fließt, ist die Wärme, welche auf verschiedene Art den Impuls zu Hebungen der Erdrinde geben konnte. Es sind entweder heißflüssige Massen durch Oeffnungen der Erdrinde zu Gebirgen aufgestiegen und erstarrt, oder es haben unter dem umwandelnden Einfluß der Wärme Gesteinsmassen der Oberfläche Veränderungen ihres Volumens erlitten und sind zu Hoch- und Gebirgsland angeschwollen, oder tiefer liegende Massen dehnten sich durch Hitze und Metamorphismus aus, trieben die über ihnen liegende Decke, wenn sie biegsam und dehnbar war, zu Gewölben auf, oder zersprengten sie, wenn sie aus sprödem Gesteine bestand, und richteten den Rand der spalten-

ähnlichen Kluft auf, oder schoben sie seitwärts, oder es wirkten endlich eingeschlossene heiße Dämpfe, von deren Gewalt alle vulkanischen Phänomene zeugen, hebend oder umwandelnd auf das Gestein. Wir müssen annehmen, daß in den Alpen die unterirdische Thätigkeit auf eine jede der angegebenen Arten wirksam gewesen ist. — Du begreifst nun leicht, daß der Druck, welcher von unten auf die Erdrinde ausgeübt wird, je nachdem er auf einen einzelnen Punkt, auf eine Spalte oder auf eine ausgedehnte Fläche einwirkte, entweder eine centrale, oder eine linear ausgedehnte, oder eine Flächenerhebung zur Folge haben mußte, so daß die gehobene Masse zum Kuppengebirg, zur Gebirgskette oder zur Hochebene (Tafelland) sich gestaltete. Die neptunischen Schichten der beiden ersten Formen, welche aus Bergen bestehen, die vom Fuß bis zum Kamm verwachsen, oben divergirend sind, erscheinen gewöhnlich unter mancherlei Neigungswinkeln, indem sie aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage mehr oder weniger aufgerichtet sind, während sie auf Hochebenen in der Regel horizontal oder sehr wenig geneigt angetroffen werden.

Gebirgsketten, welche eine gleichförmige Gestalt, gleiche Höhe und Ausdehnung zeigen, sind das Werk unterirdischer Thätigkeit, einer Bewegung der Erdrinde. Der starke Fallwinkel ihrer Schichten, die abgebrochenen Schichtenköpfe ihrer felsigen und steilen Abhänge lassen weder an Ablagerung, noch an Bildung durch Erosion denken. Viele Ketten dieser Art sind dadurch entstanden, daß der erhobene Boden parallel zerspaltete, oder daß angrenzende Massen zurücksanken. Die beidseitigen Abhänge solcher Spaltungsketten sind felsig und meist senkrecht, wenn ihre Form durch spätere Luft- und Wasserwirkung keine Aenderung erfahren hat, die obere Fläche ist ein Theil des ursprünglichen Bodens, und wie ihre horizontale, schiefe oder vertikale Schichtenstellung zur äußeren Gestalt in keiner Beziehung steht, so schneidet auch das Streichen ihrer Schichten das Streichen der Kette unter jedem Winkel. Ein großer Theil der alpinischen Ketten gehört dieser Klasse an; so die von den Berner-Alpen gegen Frutigen auslaufenden Ketten, oder die hohen, zum Theil vergletscherten Ketten der südlichen Thäler von Wallis. In einzelnen Fällen haben Hebung, Zerspaltung und Einsturz zusammengewirkt und auffallende Structurverhältnisse erzeugt, wie in den Ralligstöcken am Thunersee. Bei anderen Ketten, die ebenfalls durch Hebung entstanden sind, ist das Streichen der Schichtung demje-

nigen der Kette parallel, die Schichten haben eine Drehung um die Linie des Streichens erlitten und stehen daher aufgerichtet, aber die Schichtung steht mit der Entstehung der Ketten in enger Verbindung. Studer nennt diese Ketten Neigungsketten, und zwar sind sie zweiseitige, wenn ihre beiden Abhänge die Schichtenfläche zeigen, wie der Sonnenberg bei Luzern, die Ketten des Jura, oder einseitige, wenn in Folge einer Hebung oder Senkung nur der einen Seite der eine Abhang von der Schichtenfläche, der andere, meist steilere von den Schichtenköpfen gebildet wird. „In den Alpen, sagt Studer, muß häufig ein Seitendruck die Bewegung erzeugt, oder doch wesentlich dazu mitgewirkt haben, indem zu einer Drehung der Raum fehlt, und die Ketten offenbar auf die ihnen vorliegenden Massen angepreßt sind.“ Ein Beispiel hiefür gibt der Fitznauerstock am Vierwaldstättersee, dessen Kalkschichten fast vertikal stehen, während die hinter ihm schief liegenden Nagelfluhschichten des Rigi sich steil gegen dieselben nach unten umbiegen. Ganz ähnliche Fälle zwischen dem Kalk und der Nagelfluh wiederholen sich durch die ganze Schweiz vom Genfersee bis Appenzell, „sie beweisen eine Ueberschiebung der älteren, ursprünglich tiefer liegenden Massen über die jüngeren (die Nagelfluh) durch einen aus dem Inneren der Alpen stammenden Druck, der auch die schiefe, oft vertikale Stellung der Lager beider Bildungen verursacht haben muß.“ — Zwischenketten zwischen zwei in geringer Entfernung von einander liegenden Erosionsthälern sind Erosionsketten, deren Steinart und Structur zu ihrer Gestalt in keiner Beziehung stehen. Bei horizontaler Lagerung ist ihre obere Fläche, der Ueberrest der früheren Bodenfläche, eben und breit, oder flach hügelig. Bei geneigter Schichtenstellung kann das Streichen der Stratification dem Streichen der Kette parallel sein, oder es schief und senkrecht schneiden. In den beiden letzteren Fällen stieß die Erosion auf Lagerfolgen, die ungleichen Widerstand leisteten, und es zeigen die Abhänge und der Kamm einen Wechsel vorspringender Rippen, Gräte, Gipfel und tief eingreifender Graben, Runsen, Joche und Sättel. Dies ist der Charakter der meisten Seitenausläufer der alpinischen Ketten, die ihre Formen, wenigstens in der jetzigen Ausbildung, durch Erosion erhalten haben. Häufen sich Sedimente in Linien an, wie die abgelagerten Wälle der Schuttströme, oder die Gandecken der Gletscher, so bilden sich Aufschüttungsketten. Studer zählt dahin auch die Nagelfluhmassen am nördlichen Alpenrande; denn wenngleich ihre jetzige

Höhe von späteren Hebungen herrührt, so müssen sie doch früher schon zum Theil einen mehrere tausend Fuß hohen Wall gebildet haben.

In größerer Ausdehnung wiederholen sich die Kuppengebirge, die Gebirgsketten und Hochebenen in den höher entwickelten Formen der centralen Gebirgssysteme, der Gebirgszonen und Continente. Die wie um einen Mittelpunkt sich gruppirenden centralen Gebirgssysteme oder Massengebirge sind Erhebungen, bei welchen die Dimensionen der Länge und Breite ungefähr gleich sind, deren Theile aber verschieden angeordnet und gegliedert sein können, wie in dem granitischen Tafelland von Centralfrankreich, oder in den Basaltkuppen des Vogelsgebirges und der Rhön in Deutschland. Dehnen sich Massengebirge nach einer der beiden Dimensionen bedeutend aus, so werden sie zu Gebirgszonen, die sich, bei geringerer Breite, weithin in die Länge erstrecken und, aus der Ferne gesehen, sich wie Gebirgsketten darstellen, weshalb sie auch oft, wiewohl uneigentlich, so genannt werden. In der Natur kommen begreiflicherweise diese beiden Gebirgsformen nicht scharf getrennt vor; in größeren Massengebirgen erscheinen oft Gebirgszonen als untergeordnete Glieder, oder es nehmen Massengebirge diese Stellung in größeren Gebirgszonen ein. In den letzteren treten übrigens auch noch andere Bildungsformen auf, theils neben, theils durch einander; jedoch ist in jeder größeren und selbstständigen Zone eine gewisse Charakterform vorherrschend, welcher sie in ihrer ganzen Erstreckung mehr oder minder treu bleibt. Es lassen sich nämlich drei Grundtypen der Gebirgszone unterscheiden: Tafelzone, Zone mit Centralmassen und Kettenzone. Die Alpen vereinigen die beiden ersteren Formen in sich, unser Jura ist vorherrschend Kettenzone. Wenn die Tafelzone, in welcher die Spalten- und Erosionsthäler überwiegen, von ganz einfacher Form ist, so erscheint sie mit breiten Rücken und verlängerten Hochflächen, der Abfall ist nach beiden Seiten steil, wenn die gehobene Masse keine Drehung um die Längenachse erlitten hat, oder die Zone ist nach der einen Seite abfallend, nach der anderen flach, wenn die Masse durch stärkere Hebung oder durch Senkung der einen Seite eine schiefe Stellung angenommen hatte. Frühere Unebenheiten der erhobenen Oberfläche, oder locale Zerrüttungen und Einsenkungen während der Hebung unterbrechen gewöhnlich diese Einförmigkeit, und wenn später Eruptionsmassen das Gestein der Tafelzone durchbrachen, so wurde an diesen Stellen die Normalform noch mannigfaltiger verändert.

Die Alpen haben dem größten Theile nach die Bildung der Tafelzone, welche Du Dir auf der Karte durch folgende zwei Linien begrenzt denken kannst: die eine zieht von Coni und den Quellen des Po über Ivrea und Biella in Piemont, von da über Como und Bergamo weiter nach dem Gardasee; die andere geht von Gap in Frankreich über Grenoble, Chambéry, das östliche Ufer des Genfersees, über Thun, Luzern und die Rheinmündung in den Bodensee weiter nach Baiern und Oesterreich. Dieser gekrümmten Begrenzung folgt der alpinische Boden vom Col di Tenda bis nach Oesterreich hinein und ist auf jeder guten Karte als tafelförmige Erhebung gezeichnet. Denn sein Fuß ist zu beiden Seiten meistens schroff auf die ihn begleitenden Ebenen aufgesetzt, wobei jedoch die südliche Tiefebene des Pothales auch in ihrer höchsten Anschwellung noch 500 bis 800 Fuß niedriger liegt, als die ihn im Norden begleitenden Hochebenen der Schweiz und von Baiern. Von Savoyen her streicht das System der Hauptalpen ziemlich gleichförmig nach ONO, und tritt in seiner vollen Breite in die Schweiz und ihre näheren Umgebungen ein, wo die in den westlichen Alpen auftretenden Gebirge und Formationen weiter fortsetzen. Indem aber neue krystallinische Centralmassen und Formationen erscheinen, die sich durch ihre Felsarten oder durch ihre Versteinerungen von denjenigen in den westlichen Alpen unterscheiden, bleibt zwar der Grundcharakter des Systems derselbe, verändert sich aber allmälig im Einzelnen. In den östlichen Alpen, welche an der Grenze von Bündten beginnen, treten ebenfalls noch Centralmassen auf, von denen einzelne noch dieselbe Structur besitzen, wie die Gneisgebirge unserer Centralmassen, aber zu größeren Höhen vermögen sich die östlicheren derselben nicht mehr zu erheben und haben auch auf ihre Umgebung und die Gebirgsgestaltung nicht mehr so kräftig eingewirkt, wie die unsrigen. Höhe, Form und manche andere Umstände zeigen deutlich, daß sich in den Schweizeralpen die größte Energie der Erhebung entwickelt hat, welche gegen Osten hin allmälig abnahm. Wahrscheinlich läßt sich aus dieser ungleichen Kraft, mit welcher die plutonische Thätigkeit bei uns und in den östlichen Alpen gewirkt hat, der etwas abweichende äußere und innere Bau beider Theile der Alpenzone erklären. In den östlichen Alpen erkennt man fast überall noch die ursprüngliche Lagerung der aufgerichteten oder aufgeborstenen Schichten und ihre Folge von der Grauwacke und dem alten rothen Sandstein bis zur Molasse, in unseren Alpen dagegen macht sich eine weit stärkere Zertrümme-

rung und Verwirrung des ursprünglichen Zustandes bemerklich. Die unteren Formationen fehlen ganz; sind sie in dem einstigen Alpenbecken auch hier gebildet worden, so sind sie entweder durch die stärkere Entwicklung aufsteigender plutonischer Massen oder heißer Dämpfe bis zum Lias in krystallinische Schiefer umgewandelt oder, was auch denkbar ist, sie sind bei gewaltsamem Druck von unten mehr durchbrochen, als erhoben worden. In den östlichen Alpen war die Zerspaltung des Bodens der Art, daß breite Längenthäler und enge Querthäler entstanden, die sich alle vielfach ähnlich sind, bei uns dagegen ist der Boden in allen möglichen Richtungen zerspalten und durch Erosion zu mannigfach gestalteten Thälern und Seebecken erweitert worden. Endlich liegen in den östlichen Alpen die Seen vorzugsweise im Hügelland vor dem Fuß der Ketten, während sie bei uns in bedeutender Zahl in die Gebirgswelt selbst eindringen und zu den großartigen, oft überwältigenden oder düsteren Formen der Berge die Ruhe ihres heiteren Spiegels und den Contrast ihrer Färbung bringen.

Eine Tafelzone, ohne eigentliche Thäler, würde sich als Gesammterhebung eines verhältnißmäßig schmalen Theiles der Erdrinde in der Form einer verlängerten Hochfläche darstellen, deren breiter Rücken mit vielerlei relativen Höhen abwechseln könnte. Allein in jeder Tafelzone herrschen Spalten- und Erosionsthäler vor, welche diese Einförmigkeit unterbrechen. Dies ist nun in den Alpen, wo zu den genannten Thälern noch Einsturzthäler hinzutreten, in ausgezeichnetem Grade der Fall, weshalb in vielen Gegenden der ursprüngliche Charakter dieses Baues schwer zu erkennen ist, besonders wenn man die Alpen von einer der angrenzenden Ebenen betrachtet, wo sie sich wie eine einfache, vielgipflige Kette ausnehmen. Schon vor der Erhebung muß der alpinische Boden bedeutende Störungen erlitten haben, zur Zeit derselben und nachher noch zerriß er mannigfaltig, es bildeten sich Spaltenthäler, und wo der Boden zurücksank, Einsturzthäler, dazu kam die Wetter- und Wasserwirkung (Erosion), welche die Thäler erweiterte, die anfängliche Gestalt der Gebirge veränderte, das Zerstörbare wegführte und das Feste entblößte. Obgleich daher der obere Rücken der einzelnen Massentheile von geringer Breite und die Schichtung stark geneigt oder gekrümmt ist, so läßt sich doch in vielen Gegenden der Plateaucharakter noch deutlich erkennen, wo der ursprüngliche Boden sich in der Höhe erhalten hat. Er bildet in den mittleren Höheregionen das bewohnte Land. So bestehen die Len-

zerheide, Davos, Oberhalbstein, Avers, Oberengadin und andere Gegenden in Graubündten aus dem ursprünglichen Tafelboden, der von tiefen, schluchtähnlichen Thälern durchzogen ist. Ueberall liegen auf diesem alten Boden die Dorfschaften zerstreut, und in den tiefen Thälern meistens nur auf Terrassen über dem Fluß. Dasselbe ist der Fall in vielen Seitenthälern von Wallis, südwärts der Rhone. Erhebt man sich in die Region des ewigen Schnees auf die Gipfel des Gebirgs, wo die tieferen Thalgründe nicht gesehen werden können, so glaubt man eine weite Hochfläche voller Unebenheiten vor sich zu haben, aus welcher nur einzelne Berge hervorragen. So bestehen die luftigen und kalten Schneeflächen auf dem Monterosa und seine Umgebung aus einem breiten, durch Einsenkungen und tiefe Einsturzthäler mannigfach zerrissenen Hochlande, das sich mit fast gleich bleibender Breite bis zum Montblanc im fernen Westen zu verlängern scheint; eben so ist die steil nord- und südwärts abfallende Kalk- und Schieferkette der Gemmi und des Sanetsch ein über zwei Stunden breites Hochland, und einen ähnlichen Eindruck macht die Aussicht, die man auf den Gebirgen von Glaris und in noch anderen Gegenden der Alpen hat. Kommst Du wieder einmal nach Chur, so besteige den Calanda; das ganze südwärts vor Dir liegende Bündten mit seinem Gewirre von Ketten und Thälern wird sich Deinem Blicke als ein zusammenhängendes Hochland darstellen.

Unter den Ursachen, welche den Tafelcharakter der Alpenzone nicht überall mehr deutlich hervortreten lassen, nimmt die Thalbildung durch Zerspaltung, Erosion und Einsturz eine vorzügliche Stelle ein, wobei die Erosion stets eine bedeutende Rolle gespielt hat. Die Zahl der Spaltenthäler in unseren Alpen ist begreiflich nicht gering; zwei derselben, wegen ihrer herrlichen Gletscher, ihrer Wasserfälle und anderer Naturschönheiten von Reisenden so häufig und zahlreich besucht, sind Grindelwald und Hasli im Grund, wo man deutlich sieht, wie die Kalk- und Gneismassen zerrissen worden sind. Das letztere Thal, in welchem fünf Thäler radienartig zusammenlaufen, scheint wie durch den centralen Stoß eines Erdbebens aufgesprengt zu sein. Man erkennt deutlich, daß die Thalbildung, welche die von Gneis umschlossene Kalkmasse des Laubstocks von dem Engel und dem ebenfalls von Gneis umgebenen Pfaffenkopf und alle drei Gebirge von der Kalkmasse des Hasliberges losgerissen hat, oder daß die Entstehung des Urbachthales,

Guttannenthales, Gadmenthales und von Hasli im Grund ein ganz anderes und späteres Ereigniß ist, als das Eindringen des Gneises in das Kalkgebirg, daß also der Thalkessel von Grund durch Hebung seines Bodens, nicht durch Einsturz entstanden ist. Dies gilt auch von Lauterbrunnen und Gastern, und von der Mehrzahl der Spaltenthäler, welche am Nordrande der Finsteraarhornmasse zugleich das Kalk- und das Granitgebirge durchschneiden. Auch das Querthal von Glaris gehört zu den Spaltenthälern, und es scheint, daß sich dasselbe nach der Erhebung der Nagelfluh gebildet habe. Die steil südfallenden Nagelfluhschichten des Hirzli und Schänniser-Berges auf beiden Seiten der Linth haben unstreitig früher eine zusammenhängende Kette gebildet, welche durch das Querthal zerrissen wurde. Die Spaltung aber muß ein späteres Ereigniß sein, als die Ablagerung aller durch sie zerrissenen Schichten, und da die Schichten beider Berge gleich geneigt und aufgerichtet sind, so muß auch die Aufrichtung der Thalbildung vorhergegangen sein. Aber in diesen, wie in anderen Spaltenthälern, erkennt man zugleich den Bildungsprozeß durch Erosion, welche im Boden des Spaltenthals häufig nicht nur vielfach gekrümmte, oft mehrere hundert Fuß tiefe Furchen ausgewaschen, sondern auch das Spaltenthal selbst erweitert und verändert hat, woraus Du den Zeitraum entnehmen magst, der zu solchen Bildungen erforderlich war. Nicht Unterströme einer stehenden Wasserbedeckung, wie bei der Fiordenbildung, auch keine vorübergehenden allgemeinen Fluthen haben an der Auswaschung dieser Thäler gearbeitet, sondern wirkliche Süßwasserströme, indem Flußgeschiebe auf allen Höhen dieser Thäler, aber nirgends Spuren einer Strandbildung stehender Gewässer sich finden. Für eine lang dauernde und mehrfach abwechselnde Thätigkeit aller Ströme spricht ferner die zuweilen beträchtliche Böschung der Thalwände, die Tiefe und verhältnißmäßig geringe Breite vieler Thäler und ihre oft sehr abweichende Richtung. Einen anderen Beweis geben an den Abhängen oder Einbiegungen die Terrassen, wie man dieselben z. B. im Bagne-, Eringer- und Einfischthal, im oberen Wallis und besonders auffallend im Vorder- und Hinterrheinthal in Bündten antrifft, wo ihre Höhe 100 bis 300 Fuß über dem Rhein beträgt. Terrassen sind Schuttkegel, entstanden durch das Nachstürzen des Bodens an denjenigen Stellen, wo der Strom sich einen steilen Absturz eingefressen hatte. Zuweilen kommen mehrere solche Stufen über einander vor; die oberen dienen zu

Frühweiden und Vorsaßen, auf den unteren liegen gewöhnlich die Ortschaften. Bei zwei sich vereinigenden Strömen nimmt der eingeschnittene Boden die Form einer vorspringenden Terrasse an. So bildet Reichenau an der Vereinigung des Vorder- und Hinterrheins eine solche Terrasse, umgeben von anderen terrassirten Bergen und abwechselnden landschaftlichen Formen, in deren Mitte sich das historisch gewordene Schloß erhebt. Es sind Dir vielleicht zwischen Sitten und Brieg im Wallis, oder im Thal von Glaris, oder zwischen Reichenau und Chur vereinzelte Hügel von kegelförmiger Gestalt aufgefallen, welche früher Manche für gewaltige Hünengräber gehalten haben. Diese Erdwarzen, wie sie heißen, erheben sich aus dem ganz ebenen Thalboden zu 30 bis 50 Fuß Höhe, sind gewöhnlich mit Gras überwachsen und bestehen aus Schutthügeln und Kalkblöcken, oder anstehenden Kalkstein- und Dolomitschichten, welche die Erosion im Thalboden hat stehen lassen; sie sind also die Ueberreste des alten, sehr unebenen Thalgrundes, welche über die jüngeren Thalalluvionen hervorragen. — Die Einsturzthäler unterscheiden sich von den Kesselthälern nur durch ihre größere Länge, weil die Einstürze oft über Spalten stattfanden. Viele Alpenthäler sind auf diese Weise gebildet worden. „Der Thalboden ist breit und flach, oft auffallend eben, die Seitenwände erheben sich vertikal und durchbrechen alle Schichtenlager des Gebirgs bis an eine obere Kante, über welcher ein weniger steiler Abhang nach den obersten Rücken und Gräten ansteigt. In der Nähe dieser Kanten stehend, kann man das tiefere Einsturzthal ganz übersehen und sich nur durch einen flachen Thalgrund von dem jenseitigen Abhang getrennt glauben; und es ist wirklich das Thal meist in zwei nach Gestalt und Entstehung ganz verschiedene Thäler zu zerlegen, ein älteres und oberes, das zum Theil Erosionscharakter trägt, und in ein jüngeres, tiefer liegendes Einsturzthal.“ Nicht in allen Einsturzthälern kann diese Bildungsform überall mehr deutlich erkannt werden, weil eine spätere Erosion und die Entstehung von Schutthalden an manchen Stellen den steilen Absturz der Thalwände verändert hat. Bergell und Engadin, von Clefen bis zu der Felsenkluft von Finstermünz ein etwa 25 Stunden weit sich erstreckendes Längenthal, scheinen, nach der eigenthümlichen Gestaltung ihres Thalbodens zu schließen, einen ähnlichen Ursprung zu haben. Im Unterengadin und im Bergell erhebt sich der Thalboden kaum zu 3000 Fuß absoluter Höhe, aber dort bei Zernetz und am Maloja, der Bergell

vom Oberengadin trennt, führen zwei Stufen auf den ganz flachen, 5000 Fuß hohen, fast 10 Stunden langen, beinahe horizontal liegenden Boden von Oberengadin. Die beiden östlich und westlich von ihm liegenden Thäler sind mehr oder minder tiefe Thalschluchten, welche sich mit vielen Windungen durch das Hauptthal hinschlingen, und über denen sich der Weg auf hohen Terrassen hinzieht; sie bieten uns die eingestürzte Oberfläche des alten Thalbodens dar, während das flache, horizontale Oberengadin mit seinen kleinen Seen und seinen wohlhabenden, sauberen und solid gebauten Ortschaften die ursprüngliche Oberfläche der Tafelzone zeigt, die sich in einer Höhe erhalten hat, auf welcher die Bodencultur nur noch ein Paar hundert Fuß an den Gehängen emporsteigt, trotzdem aber von einer zahlreichen Bevölkerung bewohnt wird, die ihr Vermögen zum großen Theil in den bedeutenderen Städten Europa's erworben hat. Viele Einsturzthäler, welche die Form von Kesselthälern haben, sind früher wahrscheinlich Seebecken gewesen, ihr horizontaler Boden wurde gebildet durch Ablagerungen unter stehendem Wasser, welches sich später durch die Engpässe an ihrem Ausgang entleerte. Waren jene Thalweitungen einst Seebecken, so können die Spalten, welche dem Wasser einen Abfluß gestatteten, in jener Periode entweder noch nicht vorhanden gewesen sein, oder sie hatten ihre gegenwärtige Tiefe noch nicht erreicht; die Kesselthäler sind folglich ältere Bildungen, und da sie in dem großen Schichtenverbande Lücken von oft mehreren tausend Fuß Tiefe sind, so müssen sie durch Einsturz entstanden sein, die Engpässe aber sind später, vielleicht durch Zerspaltung, hauptsächlich aber durch Erosion gebildet worden Die Via mala, der Engpaß am nördlichen Ausgang des schönen Thalkessels von Schams, trägt alle Kennzeichen an sich, daß strömendes Wasser seine Flyschschiefer bis zu der jetzigen Tiefe ausgewaschen hat. Andere Thäler dieser Art sind Davos, Erosa in Bündten, das Simmenthal in Bern. Daß die Erosion oft verhältnißmäßig nur kurze Zeit bedarf, um bedeutende Fortschritte zu machen, zeigen die im Flysch eingefressenen Tobel im Prättigau und am Heinzenberg in Bündten.

In noch höherem Grade, als durch die Spalten- und Einsturzthäler, ist der ursprüngliche Plateaucharakter der Alpenzone durch die Längen- und Querthäler schwer erkennbar geworden, welche als Hauptthäler auftreten, und die ich Dir im sechszehnten Briefe genannt

habe. Betrachte nur auf einer gut gezeichneten Karte das Bild der Alpen, und Du wirst finden, wie ganz anders sich dasselbe ohne diese Thäler ausnehmen würde. Sie sind für den inneren und äußeren Bau der Alpen von großer Wichtigkeit nicht nur durch ihre Ausdehnung, sondern ebenso sehr durch ihre tief eingreifende Beziehung, die sie auf die Anlage des ganzen Systems verrathen. Sie sind Unterbrechungen der Gebirgsmasse, welche weit unter die gegenwärtige Bodenoberfläche fortsetzen müssen. Sie verdanken also ohne Zweifel ihren Ursprung und ihre Richtung, durch welche sie unseren Strömen den Weg gebahnt und die Gesetze ihres Ablaufs bestimmt haben, aufgerissenen und später durch die Thätigkeit des strömenden Wassers noch weiter ausgewaschenen, aber auch mit Stromschutt ausgefüllten Spalten. Die Bedeckung ihres breiten Thalgrundes mit jüngeren Strombildungen bis in unbekannte Tiefen, das geringe Gefäll der Ströme mit ihren veränderlichen und unsteten Ufern und Windungen und das Vorkommen tiefer Seebecken in mehreren dieser Thäler begünstigt diese Annahme noch mehr. Einige derselben bezeichnen zugleich die Grenzscheide zwischen geologisch verschiedenartigen Gruppen. So scheidet das große Längenthal des Wallis Gebirge, deren Gestalt und innerer Bau, sowie der sedimentäre und metamorphische Charakter ihrer Felsarten dafür zeugen, daß ihr Bildungsgang von frühe her ein wesentlich verschiedener gewesen ist. Auch die Gebirgsglieder auf beiden Seiten des schönen Querthals der Aar zeigen wenig Uebereinstimmung, viele Formationen der einen Seite setzen auf der anderen nicht fort, und die östlichen Glieder weichen in ihren Hauptzügen von den westlichen ab. Die Spalten der Querthäler setzen aber nicht so regelmäßig fort und öffnen sich nicht so weit als die Längenspalten, in jenen sind durch besondere Festigkeit oder Structur des Gesteins bedingte Thalengen, Stromschnellen und Wasserfälle häufiger als in den Längenthälern. Das Thal der Rhone, das Urseren- und Vorderrheinthal, von Martigny bis Chur, kannst Du als eine centrale Hauptspalte betrachten, welche mitten zwischen krystallinischen Centralmassen aufgeborsten ist, den nördlichen vom südlichen Hauptalpenkamm trennt und, wie so vieles Andere, die große Energie der Erhebung in unsern Alpen beweist.

Die Spalten- und Einsturzthäler, hauptsächlich aber die Längen- und Querthäler, und unter den letzteren das große centrale Längenthal lassen uns den Bau unserer Alpen erkennen. Seine Verhältnisse

im Großen sind das Werk der plutonischen Kräfte des Erdinnern, die Veränderungen aber, welche im Laufe der Zeiten an diesem Bau im Einzelnen geschehen sind, beruhen theils auf der Luft-, theils und vornehmlich auf der Wasserwirkung, welche gewohnt ist, durch ihre beiden in steter Wechselwirkung stehenden Thätigkeiten der Erosion und Ablagerung das Vorhandene mannigfach umzugestalten. Der Alpenbau gleicht einem großen aufgebrochenen Gewölbe, von welchem die Kalksteingebirge, als die stehen gebliebenen Seiten, im Norden und Süden abfallen, während die mannigfachen Schiefermassen zwischen ihnen die früher vom Gewölbe verschlossene Grundmasse bilden. So haben wir eine Mittelzone und zwei sie nördlich und südlich begleitende Nebenzonen zu unterscheiden. Diese, die Nebenzonen, bestehen vorherrschend aus neptunischen Gesteinen, Kalkstein, Sandstein und Schiefer, die Mittelzone aus den centralen Granit- und Gneismassen und den sie umschließenden meist metamorphischen Schiefern mit untergeordneten Lagern von Kalk. Die beiden großen Kammlinien dieser Mittelzone bilden eine dicht gedrängte, hin- und hergewundene Reihe breiter Bergmassen, die durchgängig kühn emporsteigen und an den obersten Enden entweder äußerst scharf gezahnt und zackig geformt, oder auch kuppel- und domartig gebaut sind. Die große Breite der Mittelzone beweist eine mächtige Erweiterung der entstandenen Spalte, aus welcher Schiefer und Gneis hervortraten. Aus dem starken Seitendrucke, den diese Erweiterung hervorbringen mußte, müssen die vielfachen Biegungen der seitlichen Kalksteingebirge und die oft verticalen Stellungen und die Quetschungen ihrer Schichten in den Nebenzonen und bis an den äußeren Rand derselben erklärt werden. In der Nähe der äußeren Ränder treten Neigungsketten an die Stelle der Spaltungsketten, welche gegen die Mitte hin vorherrschen. Die meisten dieser Neigungsketten sind einseitige, deren äußerste öfters steil und schroff mit ihren Schichtenköpfen dem Hochgebirge zufallen. Am nördlichen Fuß der äußersten Kalkkette, von Savoyen durch die ganze Schweiz bis über Bregenz hinaus, machen sich großartige Verwerfungsverhältnisse deutlich kenntlich, welche mit dem Aufsteigen der Alpenmasse und vielleicht mit dem aus dem Inneren stammenden Seitendruck, wenigstens zum Theil, zusammenhängen. Unter Verwerfungen werden Einsenkungen verstanden, bei welchen die fallende Masse, ohne zertrümmert zu

werden, längs einer schiefen oder verticalen Kluft abgleitete. Sank dabei der an die Kluft angrenzende Theil tiefer als der entferntere, so konnte eine beinahe verticale Stellung der Masse die Folge sein. Die Masse ging in einem Bogen aus der ursprünglichen in die neue Stellung über, wenn sie weich war, sie zerbrach dagegen und bildete eine neue Spalte, an welcher eine neue Einsenkung entstehen konnte, wenn sie starr war. Durch solche Verwerfungen sind die tertiären Nagelfluh- und Molasselager in ein um mehrere tausend Fuß tieferes Niveau gekommen, als die viel älteren Kalklager der Jura- und Kreideformationen, zugleich sinken sie aber auch gegen diese ein, wie im Sensethal und am Thunersee, am Gurnigel, im Entlebuch und Appenzell, bei Luzern und Wesen unter Winkeln von nur wenig Grad bis zu solchen von 45°, 70° bis 80°. Wo der Uebergang aus diesem steilen Südfallen in die horizontale oder nordfallende Lage nicht ein Gewölbe, sondern einen Bruch bildete, da entstand dadurch ein Thal, wie im Entlebuch.

Die Biegungen, Zerknickungen und Falten der ursprünglich ebenen oder nur schwach gebogenen Schichten der Kalksteine, Sandsteine und Schiefer, welche in den Alpen so häufig vorkommen, sind offenbar die Wirkung eines gewaltsamen Druckes. Jene Lager können zur Zeit ihrer Biegung unmöglich in starrem Zustande, sondern müssen in einem durch geringe Cohäsion ihrer Theile, oder durch Wärme, oder durch Feuchtigkeit unter Wasserbedeckung biegsamen Zustande gewesen sein. Großartiger zeigen sich diese Krümmungen in keinem Gebirge Europas wie in den Alpen. Die kleineren, deren Schenkel einige Fuß oder Klaftern lang sind, gleichen entweder einem römischen S, wie die gekrümmten Kalkschichten des Arenberges am Urnersee oder des Ballenberges bei Meyringen, oder einem römischen Z, wie die Biegungen der verticalen Lager des Kalksteins bei Wyßenburgbad. Die großen Biegungen, deren Schenkel manchmal eine Stunde lang sind, haben gewöhnlich die Form eines C, die sich oft parallel wiederholt. Die ganze Mannigfaltigkeit dieser Krümmungen zeigt sich besonders schön im Norden der beiden Gneis- und Granitmassen des Finsteraarhorns und Gotthards am westlichen Ufer des Vierwaldstättersees und am linken Gehänge des unteren Reußthales. Die größere Zahl der Kalkberge in der Schweiz ist auf diese Weise umgebogen und sie sind hierdurch zu einer Höhe gelangt, die der doppelten Mächtigkeit der Kalkformation

gleichkommt. Diese Erscheinungen deuten offenbar nicht nur auf einen enormen Seitendruck, durch welchen die frühere horizontale Schichtendecke auf die Hälfte ihrer früheren Breite reducirt worden sein mochte, sondern auch gewaltsame Bewegungen unter dem Druck einer sehr starken Bedeckung. Die Großartigkeit des Phänomens macht die Erklärung desselben selbst für die gründlichsten Kenner unserer Alpen schwierig.

Vierundzwanzigster Brief.

Bau der Alpen.

Der letzte Brief hat Dich noch nicht die ganze Eigenthümlichkeit des Gebirgsbaues der Alpen kennen gelehrt; denn sie bilden nicht, wie etwa die scandinavischen Alpen oder die Anden Südamerikas, ein einfaches tafelförmiges Massengebirge, sondern sie sind zugleich eine Zone mit krystallinischen Centralmassen, durch deren Vorkommen sie einen von den genannten Gebirgen wesentlich verschiedenen Charakter erhalten. Zu den durch Spalten, Einsenkungen und Zerrüttungen mannigfach unterbrochenen Hochflächen treten Kuppen und in scharfe Gräte auslaufende Ketten, die neptunischen Steinarten werden metamorphisch, mit Spaltenketten und Spaltenthälern mengen sich Neigungsketten und Neigungsthäler und die Schichtung ist steil geneigt oder vertical.

Die Centralmassen unserer Alpen beherrschen, indem sie das Tafelland und die sie umgebenden Randgebirge bedeutend überragen, die ganze Gebirgszone, in welcher sie die krystallinischen Kerne bilden. Sie befinden sich in der Mittelzone und öfter noch in der Nähe des äußeren Randes derselben, entweder einzeln, oder mehrere neben einander. Die erste dieser Centralmassen im Westen ist der Montblanc, welche noch im Streichen der westlichen Alpen liegt, und deren krystallinische Gesteine im Bagnethal endigen, ohne das Hauptthal der Rhone zu erreichen. Alle Berge, die den Gipfel des Montblanc selbst umgeben, tragen jedes Zeichen von Hochgebirgen an sich, ihre Häupter und Rücken sind

tief herab mit schimmerndem Schnee bedeckt und in ihren Zwischenräumen senken sich Gletscher zu den unten liegenden Thälern hinab; aber über alle diese prächtigen Berge ragt der Montblanc, wie ein Göttersohn über gemeine Menschen, hinaus. In ihrer äußeren Erscheinung gleichen die meisten Gneismassen der Alpen der Schnee- und Felsnadelkette des Montblanc, denn wo die krystallinischen Schiefergesteine aufrecht oder senkrecht stehen, da ragen die zackigen Felsspitzen schroff zum Himmel empor, und kaum ein anderes Gestein liefert so scharfe Gipfelformen. Parallel mit dem Montblanc erhebt sich nördlich davon in fast gleicher Ausdehnung die niedrigere Centralmasse der Aiguilles Rouges, welche sich auf der rechten Seite der Rhone im Wallis mit ihrem östlichen Ende unter die Kalkmassen der Dent de Midi verliert. — Im Osten des Montblanc, im höchsten Kamm des Alpensystems, ragt in der Dent de Rong, im Matterhorn (Cervin), in der Dent-Blanche, in der Pic de Zinal und vielen nicht gemessenen Gipfeln die Centralmasse des Wallis empor, die sich aus dem piemontesischen Val Pellina über das Hochgebirge zum Fletschhorn und Monte Leone auf beiden Seiten des Simplonpasses, stets von mehreren Querthälern zerrissen, bis zur Grenze Tessins erstreckt. Neun größere Thäler, jedes im Hintergrund mit Gletschern bedeckt, gehen nach allen Richtungen von der höchsten Erhebung dieser krystallinischen Masse zwischen dem Mont Collon und Matterjoch aus. In der hoch aufgeworfenen Masse des Monterosa, der dieser Centralmasse nicht angehört, endigen die Gneis- und Glimmerschiefer der Tessineralpen, die von dort bis hierher sich ausdehnen. Die höchste Spitze des Monterosa liegt auf Schweizerboden und steht an Höhe nur dem Montblanc nach; aber auch in der Centralmasse des Wallis steigen vier Gipfel über 13,000 Fuß und eine größere Zahl über 12,000 Fuß an. Auch noch im nördlichen Fortstreichen der Gebirgsmasse, wo sie von Querthälern und der Niederung des Simplonpasses durchschnitten wird, ist dieselbe noch durch Gipfel bezeichnet, die zu den höchsten der Alpen gehören. Diese breite Gneismasse bildet die großartigste, aber auch die wildeste Gebirgsgruppe des ganzen Alpensystems, schwer ersteigbar und an vielen Stellen ganz unzugänglich. Man übersteht, hat man nördlich vom Matterhorn einen günstigen Standpunkt ausgewählt, fünf bis sechs Gletscher, und zahlreiche hohe Gipfel stellen sich vielgestaltig dem erstaunten Auge dar, gegen Osten und Nordosten der Monterosa mit seinen verschiedenen Spitzen, die drei

hohen Mischabelhörner und in größerer Entfernung die Jungfrau, gegen Nordwesten und Westen das Weißhorn, die Dent-Blanche, Tete-Blanche, das Matterhorn und fernhin der Montblanc. Berge, welche in anderen Theilen der Alpen mit 11,000 Fuß Höhe die naheſtehenden überragen, erniedrigen sich hier vor den Koloſſen mit 13,000 und 14,000 Fuß Höhe. Man sieht nichts als zackige Felsen, Schnee und Eis, denn die kleinen bewachsenen Thalwinkel, welche etwa zum Vorschein kommen, verschwinden gegen den mächtigen Eindruck aller der Schneehäupter, Fels- und Gletschermassen. Umgeben, bei ruhiger Luft, von einer fast lautlosen Stille, herausgerückt aus der von Menschen und Thieren bewohnten Welt, lernt man hier, wie nirgends, den eigenthümlichen Charakter der Hochalpen kennen. Unstreitig stehen an Lieblichkeit und wahrer Schönheit die Aussichten von solchen Höhen im Innern der Alpen weit hinter denen des Rigi, des Pilatus, Faulhorns oder Rothorns bei Brienz zurück, aber an Großartigkeit des Umblicks und der Eigenthümlichkeit des Eindrucks übertreffen sie jene bei Weitem. Die ganze Gneismasse des Wallis scheint früher mehrere tausend Fuß höher gelegen zu haben, als jetzt. Das Matterhorn erhebt sich steil und schlank, wie ein Obelisk, 3000 Fuß hoch über die weiten Schneefelder und 6200 Fuß über dem südlichen Thalgrund von Breuil. Nach Studer scheinen die Gebirgsformen der Südseite und des Kessels von Breuil auf Einsturz zu deuten, und auf dem Hörnli (Hüreli) nördlich nahe am Matterhorn sieht man die Richtigkeit dieser Erklärung bestätigt; denn während die untere Hauptmasse des Stocks, dessen Schichten auf allen Seiten wie abgeschroten sind und kaum ein Fallen von 45° zeigen, aus hellgrauem Gneis und Talkflysch besteht, ist die Steinart des Hörnli ein durch Verwitterung der Außenfläche rothbrauner Serpentin und Flysch, und dieselbe Steinart bildet, nach der Farbe zu schließen, auch die oberste Kuppe des Matterhorns; man findet sie auf dem Matterjoch und in der Tiefe bei Breuil, in der Grundlage aber stets Gneis und Flysch. Alle diese jetzt in so verschiedenem Niveau liegenden rothbraunen Serpentin- und Flyschmassen scheinen also früher vereinigt die oberste, zusammenhängende Decke des Gebirgs ausgemacht und dieses in unbestimmter Ausdehnung sich bis zur Höhe des Matterhorns und der übrigen Gipfel dieser Gegend erhoben zu haben. Was den höchsten Gipfel des Monterosa betrifft, so bemerke ich Dir noch, daß derselbe von zwei Führern Ulrich's am 11. August 1848 wahrscheinlich zum ersten

Male, und zwar unter sehr ungünstigen Umständen, erstiegen worden ist. Sie fanden die Felsen des Hornes, welches kammartig gebildet ist und zwei gleich hohe, durch einen Eissattel mit einander verbundene Gipfel hat, mit Eis überzogen und auch die Zwischenräume mit Eis ausgefüllt. — Eine vierte Centralmasse, länger als die des Montblanc, ihr aber an Höhe und Breite nachstehend, ist die des Gotthard, dieses merkwürdigen Gebirgsknotens, dessen Gneisgesteine Studer, wie die des Montblanc und der Finsteraarhornmasse, für schieferigen Granit erklärt. Dieselben beginnen oberhalb Brig im Wallis, wo sie durch schwarzen Schiefer von dem Gneis der Tessineralpen, durch einen schmalen Kalkstreifen von demjenigen des Finsteraarhorns getrennt sind, und erstrecken sich gegen Osten, von Querthälern durchbrochen, über den Lukmanier bis beinahe nach Ilanz im Vorderrheinthal, wo sie sich in ein gneisähnliches Conglomerat (Verrucano) verlaufen. Bekanntlich ist der Gotthard eine Wasserscheide dreier Meere, und die Grenze zwischen den hier zusammenstoßenden Gebieten derselben ist auf der Fläche der Gotthardsseen scharf gezogen; ein unbedeutender Windhauch, der den Regentropfen einige Schritte nördlicher oder südlicher fallen macht, führt ihn der Reuß oder dem Tessin, der Nordsee oder dem adriatischen Meere zu. — Eine größere Gneismasse, welche auf die Bodengestaltung der Schweiz einen unverkennbaren Einfluß geübt hat, ist diejenige des Finsteraarhorns, welche sich von der Gemmi, in deren Nähe sie unter den mächtigen Kalkstock der Altels einsinkt, über die Jungfrau, Grimsel, den Crispalt bis zum Tödi erstreckt, wo der Gneis noch ausgezeichnet entwickelt ist, weiter östlich aber in Verrucanoschiefer übergeht. In der Mitte, wo sie vom Querthal der Reuß durchbrochen wird, drängt sie sich dichter an die Gotthardsmasse an als die Aiguilles Rouges an die des Montblanc; im Durchschnitt der Gotthardsstraße, zwischen Andermatt und dem Urnerloch, ist der Südrand der Finsteraarhornmasse. Durch diese Anpressung beider Massen wurde der sie trennende Kalk des Urserenthales erhoben und zur bequemen Uebergangsstufe zwischen dem Norden und Süden. Die zwei Längenthäler westlich und östlich von dieser Stufe sind durch Zerstörung des grauen Schiefers dermaßen erweitert worden, daß dadurch unsere Alpen in zwei parallel streichende Gebirgssysteme getheilt erscheinen, und da an den beiden Enden des nördlichen von diesen Systemen die zwei Längenthäler sich bei Martigny und Chur mit den beiden großen Querthälern der Rhone und des Rheins verbinden, so

umfließen beide Ströme das nördliche System symmetrisch wie eine abgesonderte Gebirgsinsel. Die großen Hochthäler um die Gruppe des Finsteraarhorns, in denen die Grindelwald- und Aargletscher, der Viesch- und Aletschgletscher liegen, zeigen in ihrem Hintergrunde eine beträchtliche Erweiterung und am Ausgang Engpässe. Diese Verhältnisse unterstützen die Annahme Studer's, daß die inneren großen Kessel durch Einsturz gebildet worden seien, wofür auch die steil abgerissenen Gipfel und die schmalen Felsgräte sprechen, und daß die stehen gebliebenen Wände am Ausgang der Gletscherthäler später durch Erosion zerstört worden seien. Der höchste Berg dieser Centralmasse ist bekanntlich die spitze Pyramide des Finsteraarhorns, deren höchster Gipfel einen etwa 20 Schritte langen und 4 Schritte breiten wellenförmigen Grat bildet, welcher aber an einigen Stellen so schmal ist, daß ein großer Mann mit ausgespreizten Beinen die ganze Breite einschließt. Lange war man der Ansicht, daß es dem Menschen versagt sei, die Schulter dieses über 13,000 Fuß hohen Riesen zu besteigen; so oft der Versuch gemacht wurde, so oft erwiesen sich alle Anstrengungen vergeblich, bis am 5. September 1842, nach Ueberwindung vielfacher Hindernisse, das Wagstück gelang, das vielleicht früher schon einige Führer Hugi's bestanden hatten. Auf der Spitze des Berges sieht man selbst das stolze Haupt der Jungfrau sich beugen, eine Unzahl näherer und fernerer Gipfel umstehen das riesige Horn und das ganze prachtvolle Panorama der Hochalpen bietet dem Auge einen Anblick dar, dem an erhabener Großartigkeit nur die Aussicht vom Monterosa verglichen werden kann. — Südlich vom Ostende der beiden vorigen Centralmassen erheben sich vergletscherte und zur Gruppe der Tessineralpen gehörige Gebirge, welche alle Merkmale von Centralmassen an sich tragen, das Adulagebirge und östlich nahe dabei das Suretagebirge, das im südlichen Hintergrund von Schams über die anderen Gebirge emporsteigt. Das erstere, von jeher als Grenzpfeiler der lepontinischen und rhätischen Alpen betrachtet, ist ein breites und ödes Massengebirge mit schroffem Absturz, so daß Schnee und Gletscher kaum die Hochfläche verlassen. „Die Gliederung des Alpensystems", sagt Studer in seiner Geologie der Schweiz, „entwickelt in diesen Gegenden einen ungewohnten Charakter. Die Längenthäler sind beschränkt, oder verschwunden, nur ausnahmsweise folgt eine Kette in längerer Ausdehnung der Hauptrichtung der Alpen, oder der Axe benachbarter Centralmassen. Dagegen sind Meri-

dianketten und Meridianthäler vorherrschend; die ersteren meist als schroffe, hohe Gräte, ohne tief einschneidende Joche, den Verkehr zwischen den anstoßenden Gebieten hemmend; die letzteren aber gleichförmige Kanäle mit breitem, flachem Thalgrund, oft großentheils vom Kiesbett des Stromes eingenommen. Die Längenthäler und Querthäler scheinen ihre sonst übliche Beschaffenheit ausgetauscht zu haben. Während jene meridianen, das Alpensystem quer durchsetzenden Thäler die einfachere Gestaltung von Längenthälern zeigen, verändern die dem Streichen der Alpen folgenden Thäler ihre Richtung und Gestalt in kurzen Intervallen, der Thalfluß braust in schluchtartiger Tiefe, die Wohnungen und alle Feldcultur haben sich auf die höheren Terrassen zurückgezogen." Die Thäler scheinen hier alle Spaltenthäler zu sein, unter denen die meridianen, deren mit Kies ausgefüllter Thalgrund breit und flach ist, länger sind und in weit größere Tiefe niedersetzen; die im Sinne des Alpensystems streichenden Spalten dagegen schließen sich schon über dem jetzigen Thalboden der Meridianthäler, und der Thalbach fließt wegen des starken Gefälles, das keine Anhäufung des Kieses gestattet, auf festem Felsgrund. Die Gestaltung des Gebirgs ist hier nicht nur von der Schichtung, sondern auch von der Vertheilung der Formationen und Steinarten unabhängig. „Dieselbe Kette besteht im Fortstreichen bald aus Kalkschiefer, bald aus Gneis; dasselbe Thal durchschneidet sehr ungleiche Formationen; die Zerspaltung des Bodens, das Aufpressen desselben zu Wällen und Stöcken, die Thal- und Gebirgsbildung sind offenbar durch einen selbständigen und späteren Prozeß hervorgerufen worden." Die höchsten Gipfel dieser Masse, wie der Piz Valrhein und andere, erreichen etwa 10,000 Fuß. Das kleine Längenthal zwischen den Gneismassen des Adula und der Suretaalpen ist bekanntlich benutzt worden zur Erbauung der beiden bequemen Alpenstraßen über den Splügen und Bernhardin auf beiden Seiten des 10,000 Fuß hohen Tambohorns. Du kennst ohne Zweifel den schönen weißen Marmor vom Splügen; derselbe ist hier dem Gneis und Glimmerschiefer eingelagert und gehört zur Hauptmasse des Gebirgs. — Ostsüdöstlich von diesen beiden Massen erhebt sich diejenige des Bernina, ausgezeichnet durch die Höhe ihrer Gipfel, die Schönheit ihrer Firne und Gletscher und durch die krystallinische Entwicklung ihrer Gesteine. Die Gruppe ihrer 6 bis 7 Hauptgipfel, alle 11,000 bis 13,000 Fuß hoch, lassen sich mit dem Großartigsten vergleichen, was die Alpenwelt darbietet,

besonders der Piz di Palü, Piz Cambrena, Piz di Verona und der Signalpunkt Mont Pers. Es ist aber bemerkenswerth, daß unter den Centralmassen vorzugsweise diejenigen, an welche sich noch Kämme der ehevorigen Decke anlehnen, eine mehr ausgeprägte, scharfkantige Gestalt haben, wie Finsteraarhorn, Dent-Blanche, Selvretta, während Moschelhorn, Bernina und besonders der Montblanc auf ihrer ellipsoidischen Form sich isolirt erheben. Die Gneisgesteine des Bernina treten am Maloja hervor und setzen fort bis in Val Viola bei Bormio. Er wird, wie keine andere unserer Centralmassen, von einem Ring von Granit, Hornblendgestein und Serpentin beinahe vollständig umschlossen, und Studer glaubt darin den Hebel zu erkennen, welcher hier den Gneis in so ungewöhnliche Höhe emporgetrieben hat. — Endlich erhebt sich in Unterengadin, auf der geologischen Grenze der Schweiz, die Centralmasse des Selvretta, die in der Pyramide des Piz Linard über 11,000 Fuß Höhe erreicht, sich von Bergün, wo sie sich unter die hoch aufgeworfenen Massen von Kalk und Dolomit verliert, bis gegen Innsbruck hin erstreckt und in den meisten Beziehungen alle Eigenschaften der schweizerischen Centralmassen theilt.

Diese neun Centralmassen, welche größtentheils weit über die Grenze des ewigen Schnees emporragen, liegen mit ihrer Längenrichtung im Streichen der Alpen. Es lassen sich vier Hauptmerkmale anführen, wodurch der normale Bau dieser Massen wesentlich charakterisirt wird. Es haben zwar gewöhnlich spätere Erosion und Einsenkung, oder das Eingreifen anderer Bildungsformen und Massen störend auf denselben eingewirkt, oder seine vollständige Entwicklung gehemmt; dessen ungeachtet läßt sich der Typus der eigenthümlichen Architektur dieser Massen überall erkennen. Eines dieser Merkmale, dessen ich oben wiederholt Erwähnung gethan, besteht darin, daß das Gestein der krystallinischen Masse nach beiden Enden hin sich erniedrigt und unter den angrenzenden Formationen sich verliert. Während ferner die Schieferschichten und Granittafeln der Längenare des Gebirgs ziemlich parallel streichen, so zeigt ihr Fallen sehr merkwürdige Verhältnisse. Die mittleren Schichten, welche den obersten Kamm bilden, stehen senkrecht, und die übrigen Schichten fallen von beiden Seiten dem Inneren der Masse zu, und zwar ist dieser Fallwinkel um so stärker, je höher am Abhang die Schichtenköpfe zu Tag ausgehen. Ein Querschnitt durch die ganze Schieferung und Schichtung ergäbe also das Bild eines nach oben geöffneten

Fächers. Dieser fächerförmige Bau ist ein zweites Merkmal der Centralmassen, womit gewöhnlich das Uebergreifen der krystallinischen Schiefer über das angrenzende Kalkgebirge in Verbindung steht. Andere charakteristische Merkmale bestehen in der geognostischen Beschaffenheit dieser Massen und der Gestaltung ihrer Umgebung. Neptunische Gesteine, wie Kalkstein, schwarzer Thonschiefer, Gyps bilden die Grundlage des Gebirgs und treten am Fuße der Granitfächer hervor, höher hinauf folgen glimmerreiche Quarzite, Talkschiefer und Glimmerschiefer, noch höher Gneis, und die mittleren, senkrechten Schichten bestehen aus gneisartigem Granit mit großen Feldspathkrystallen (Alpengranit, Protogyn). Nicht selten finden sich mächtige Keile von Kalk in den Gneis der äußeren Grenze der Centralmassen eingeklemmt, oder beide Steinarten dringen gegenseitig in langen breiten Streifen in einander ein. Die Gestaltung der angrenzenden neptunischen Massen ist in der Regel der Art, daß sie die Centralmasse auf beiden, oder nur auf einer Längenseite begleiten und, indem sie ihr ihre Schichtenköpfe in steilen Abstürzen zukehren, von derselben nach außen abfallen. Auf diese Weise bildet sich ein ringförmiges Thal, auf dessen Axe sich die Centralmasse erhebt. Bisweilen ist diese Umwallung eine doppelte, indem das innere Ringgebirge von einer zweiten Kalkkette umgeben ist, welche dem Granitgebirge wiederum steile Felswände zukehrt, während ihre Schichten von demselben abfallen. Außer diesen Hauptkennzeichen der Centralmassen verdient auch noch der Umstand Beachtung, daß die Ausläufer derselben von Mineralwassern und Erzgängen begleitet zu sein pflegen. So sind bei Courmayeur in Piemont verschiedenartige Heilquellen und Gänge von silberhaltigem Bleiglanz, bekannt sind die Heilquellen von Leuk am Fuße der Gemmi, von Brig und die verschiedenen Erzgänge in den südlichen Thälern von Wallis, die Eisenerze von Truns, und das Stahlwasser von Stachelberg südlich und nördlich vom Tödi, die Eisenerze von Ferrera südlich von Schams, die Schwefelquelle von Alveneu, die Eisenerze von Bergün und die silberführenden Bleierze im Schmelzboden am westlichen Ende von Davos, die Sauerwasser von St. Moritz im Oberengadin, die Sauer-, Bittersalz- und Schwefelquellen bei Schuols und Tharaff nebst dem silberführenden Bleiglanz im Scarlathale im Unterengadin. Endlich werden die Centralmassen noch dadurch charakterisirt, daß sie reiche Fundstätten mannigfaltiger, zum Theil merkwürdiger und wenig verbreiteter Mineralien sind, welche eine auffallende Uebereins-

stimmung zeigen und die Annahme eines engen genetischen Zusammenhangs aller dieser Gebirge bestätigen. Die vorzüglicheren dieser Mineralien sind: Eisenglanz, Rutil, Anatas, Brookit, Sphen, Flußspath, Apatit, Arinit, Turmalin und mehrere Arten von Zeolith. Zwischen mehreren dieser Mineralien und den Producten neuerer Vulkane besteht, trotz der Verschiedenheit der Stammgebirge, eine überraschende Analogie, die geeignet ist, über die Bildungsweise der Centralmassen selbst Licht zu verbreiten.

Ich habe Dir die Ursachen bereits genannt, welche bewirkt haben, daß der normale Bau der Centralmassen in der Natur nirgends vollständig angetroffen wird. In der That, wenn man die schlanken Nadeln, die schroffen Abstürze und die zerrissenen Felsgräte sieht, durch welche sich diese Massen auszeichnen, so überzeugt man sich bald, daß die gegenwärtige Gestaltung derselben nicht die ursprüngliche ist. Solche Veränderungen, welche die krystallinischen Massen durch Einsturz und Erosion erlitten, habe ich Dir bei den Gruppen des Matterhorns und Finsteraarhorns erwähnt. Was den Montblanc betrifft, so glaubt Studer, daß das Gebirge, nach seiner ersten Bildung, ungefähr in der Gegend des oberen Tacülgletschers am höchsten aufgequollen, und daß durch Zurücksinken der Masse das hohe Gletscherthal entstanden sei, das von der Mer de Glace zwischen den zwei Reihen von Felsnadeln des Géant und der Aiguille du Midi nach dem Montblancgipfel aufsteigt; ein Querschnitt durch diese Stelle trifft auch wirklich auf die weiteste Oeffnung des Fächers der Protogynstraten. Auch die Umwallung mit neptunischen Ketten ist nicht bei allen Centralmassen mehr vollständig. Der die Berninamasse umgebende Ring macht insofern eine Ausnahme von dem normalen Bau, daß er nicht aus neptunischen Schichtgebirgen, sondern aus Granit, Hornblendgestein und Serpentin besteht. Die Umwallung des Finsteraarhorns ist nur an ihren beiden Enden, in der Umgebung der Gemmi und des Tödi, und längs der nördlichen Längenseite, hier mit Unterbrechungen, erhalten; auf der südlichen Seite fehlt das Kalkgebirge meistens. Was die Fächerstructur der Gneis- und Granitstraten betrifft, welche in den Gebirgen des Montblanc, des Finsteraarhorns, Gotthards und Selvretta vollständig entwickelt ist, so tritt dieselbe nicht in allen Centralmassen deutlich hervor. In derjenigen des Wallis fehlt diese symmetrische Anordnung der Steinarten und die Schieferung nähert sich nicht selten der horizontalen Lage. Da die

Gneisgebirge, welche den südlichen Rand der Alpen bilden, vorzugsweise horizontal ausgebreitet sind, so scheint die Centralmasse des Wallis den Uebergang von den näher dem nördlichen Alpenrand liegenden hohen Fächergebirgen zu jenen Gneisgebirgen zu machen. Auch die Structur des Bernina, dessen Steinart stets schiefrig und verschieden bleibt von den granitischen Gneisen und Protogyngraniten der nördlichen Centralmassen, zeigt keine Annäherung zur Fächerstellung.

Daß die krystallinischen Centralmassen die Stellung der ihnen näher liegenden Ketten und Gebirge und die Erstreckung des Alpensystems selbst bedingt haben, und daß ihr Auftreten nicht nur zu der größeren Mannigfaltigkeit und Verwicklung der Alpenzone, sondern auch zu deren Großartigkeit und Schönheit beitrug, dies Alles wird Dir nach dem Mitgetheilten von selbst einleuchten. Was die Entstehung dieser Centralgebirge betrifft, so ist die Annahme, daß sie über längeren Spalten sich erhoben haben, sehr wahrscheinlich. Entweder ist die ganze Masse in starrem oder erweichtem Zustande hervorgestoßen worden, oder es sind entweder flüssige oder dampfförmige Substanzen in frühere Sedimente eingedrungen, haben sie verändert und ihr Volumen zu der Höhe der Massengebirge aufgetrieben. Im letzteren Fall hätten die Feldspathgesteine dieser Massen, der Gneis und Alpengranit, metamorphischen Ursprung. Wo der Granit von unten her in Gängen durch ältere Bildungen aufgestiegen ist und auf das Nebengestein eingewirkt hat, oder wo er ältere und jüngere Formationen überlagert, wie z. B. zwischen Julier und Septimer in Bündten, da sprechen gewichtige Gründe für einen ursprünglichen Flüssigkeitszustand des Granits; aber ebenso wahrscheinlich ist an anderen Orten die Annahme einer metamorphischen Entstehung desselben, sowie des Gneises, von dem er in den Centralalpen nie scharf getrennt werden kann. Auf diese Annahme führt unter Anderem seine auffallende Beziehung zu den ihn begleitenden Steinen, grüner Granit bei Serpentin, Alpengranit bei Talkschiefern. In der Centralmasse des Wallis bilden, nach Studer, graue Schiefer und Gneis eine nicht zu trennende Masse, oder es scheint der Gneis nur eine höhere Entwicklungsstufe der Schiefermasse zu sein; „als ob wirklich hier der innerste Herd des Alpensystems offen vor uns läge, und der Prozeß, durch welchen das krystallinische Feldspathgestein aus dem Sedimentgebirge hervorging, uns enthüllt wäre.“ Für die Erhebung der Gneismassen über längere Spalten scheinen auch die Schieferung

des Gneises und Glimmerschiefers und die verticale Tafelstructur des Alpengranits zu sprechen. Man erklärt die letztere durch einen späteren Rückzug der Masse, der in Folge des Gesetzes, daß die Rückzugsspalten senkrecht stehen auf der Erhitzungsfläche, nothwendig verticale Zerklüftung erzeugen mußte, und die Schieferung, welche der Protogyn oft mit dem Gneis gemein hat, durch eine Wirkung des Druckes oder der Pressung, welche die aufwärts dringende Masse durch die Wendungen der Spalte erlitt. Diese Erklärung setzt also voraus, daß die Feldspathgesteine bei ihrem Aufsteigen in einem durch Hitze erweichten Zustande gewesen seien. Sollten aber die Protogyne und krystallinischen Schiefer durch Umwandlung entstanden sein, so müßte bei diesem Prozesse eine starke Vermehrung des Volumens und eine hieraus hervorgehende Pressung angenommen werden, hervorgebracht entweder durch den Zutritt neuer Stoffe zu den früheren Gesteinen, oder durch Erhöhung der Temperatur während des Umwandlungsprozesses. Mögen die Granite und Gneise plutonischen oder metamorphischen Ursprungs sein, auffallend ist der Umstand, daß da, wo sich die Centralmassen am mächtigsten entwickelt haben, die neptunischen Bildungen in ihrer Grundlage oder mit ihnen verflochten auftreten. Wahrscheinlich hat daher diese enge Verbindung zwischen dem Gneis und den Sedimenten schon bestanden, als die äußere Gestaltung von der gegenwärtigen noch ganz verschieden war, und es scheint demnach, daß die Hebung erst später erfolgt sei und zugleich die Zerspaltung des Bodens, wobei an manchen Orten die neptunische Decke nach allen Seiten abgeworfen wurde.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Tafelzone und die Centralmassen, welche jener in ihrer ganzen Krümmung folgen, im engsten Zusammenhange stehen. Weil aber die Fächergebirge selbst, ihre Auskeilungen in das Kalkgebirge, und die Neigungsketten, welche von den Centralmassen abhängen, vielfach durch die vorherrschenden Spaltenthäler zerrissen sind, so können beide Formen nicht als gleichzeitig entstanden betrachtet werden. Sind die Spaltenthäler durch die Hebung der Tafelzone entstanden, so folgt, daß auch diese Hebung ein späteres Ereigniß gewesen sein muß, welches der Bildung der Gneisfächer nachfolgte. In der ganzen Ausdehnung der jetzigen Alpen bestand also früher sehr wahrscheinlich eine gekrümmte Zone von Centralmassen, deren einzelne Gruppen durch Niederungen getrennt waren, die jetzt noch als

Begrenzungen von Formationsgruppen zu erkennen sind; dann erhob sich die Tafelzone mit dem geschlossenen Kranz von Gebirgen, es entstand eine neue Thalbildung, welche vielfach die frühere Masse zerriß, und das Gebirge erhielt eine andere Gestaltung. Verschiedene Verhältnisse in unseren Alpen sprechen für diese Ansicht, und unter die Beweise, welche Studer für dieselbe anführt, gehört auch der, daß im Medels, nördlich vom Lukmanier, bis wohin sich die Fächerstructur des Gotthard erstreckt, die Wasserscheide die Zone der verticalen Granitschichten verläßt und in das Gebiet der leicht zerstörbaren Dolomite und Schiefer, welche nach Norden fallen, übergesetzt ist. Es geht daraus hervor, daß die Fächerstructur, oder das Aufsteigen des Alpengranits die bestehende Gebirgs- und Thalgestaltung nicht bedingt haben kann. Die Centralmassen selbst aber sind entweder gleichzeitig oder successiv entstanden, und zwar im letzteren Falle die nördlicheren vor den südlicheren. Die successive Erhebung derselben scheint aus der Schichtenstellung benachbarter Gneismassen hervorzugehen, indem z. B. die Granitmasse des Medelsergebirges ihre verticale Stellung gegen die nordfallende vertauscht, wo südlich davon die Centralmasse des Adula aufsteigt. Offenbar hatten die Granittafeln der Gotthardsmasse in Medels bei ihrer Bildung eine senkrechte Stellung eingenommen, ihre schiefe Lage muß daher als eine Folge der vom Adulagebirge ausgeübten Druckkraft angesehen werden, woraus auf eine spätere Erhebung der letzteren Gneismasse geschlossen werden kann. Die Beobachtung lehrt überdies, daß der Seitendruck, den die Centralmassen auf ihrer Südseite erlitten haben, größer gewesen sein muß, als der von ihnen nach dieser Seite ausgeübte. Sind daher die Centralmassen successiv entstanden, so müssen sie in der angegebenen Altersfolge von Nord nach Süd erhoben worden sein, die Finsteraarhornmasse muß also älter sein als die Gotthardsmasse, die sich an jene angepreßt hat, und diese älter als die Adulamasse. Wären aber die Centralmassen alle von gleichzeitiger Entstehung, wie oben ebenfalls angenommen wurde, so müßte der von Süden her wirkende Druck allen Widerstand der nördlich vorliegenden Massen überwältigt haben. In diesem Falle hätten wir, wie Studer annimmt, das Alpensystem als ein die piemontesisch-lombardische Tiefebene umschließendes Ringgebirge zu betrachten, als den stehen gebliebenen Rand einer blasenartigen Erhebung der Erdrinde, deren

innere Masse wieder zurückgesunken ist, ähnlich den Ringgebirgen des Mondes.

Zum Schlusse dieses Briefes mache ich Dich noch auf eine merkwürdige geologische Bildung aufmerksam, welche Studer besonders hervorhebt, und welche Jedem auffällt, der jene Gegenden der östlichen Schweiz bereist, wo sie sich befindet. Ein kolossaler Ringwall erhebt sich in den steilen Bergen der Kuhfirsten am Wallenstattersee, des Balfries, Gonzen, Falknis und Calanda mit schroffem, oft mehrere tausend Fuß hohem Absturz gegen die Gebirge von Glaris und mit ringsum von denselben abfallender Schichtung. Hier liegen aber diese zu einem beinahe vollständigen Halbkreis verbundenen Felsenränder nicht um eine krystallinische Centralmasse herum, sondern um rothe Conglomerate und rothe Schiefer, die hier alle Höhen der Glarnerberge bedecken und sonst nur am Rand der Gneismassen auftreten. Von Reichenau bis dahin, wo der Rhein das Bündtnergebiet verläßt, wiederholt sich die Structur des Calanda auch in den Ketten des rechten Rheinufers bei Marschlins, am Montelün bei Chur und bis gegen Reichenau hinauf. Offenbar bildet der Grund des Wallenstattersees einen Theil des ursprünglichen Ringthales; denkst Du Dir nun den Stromschutt weg, der das Rheinthal von Reichenau abwärts und den Boden von Sargans bis Wallenstatt später ausgefüllt hat, so tritt die ganze kraterartige Bildungsform um so stärker und auffallender hervor. Es ist gar kein Zweifel, daß sie die großartige Wirkung einer energischen unterirdischen Thätigkeit ist, die vielleicht auch die früher zusammhängende Nagelfluhkette des Hirzli und Schänniserberges zersprengt hat, und ohne welche es schwerlich möglich wäre, daß in wenigen Jahren der Dampfwagen diese Gegenden durcheilen könnte.

Fünfundzwanzigster Brief.

Geognostische Verhältnisse. Mittelzone.

Aus den zwei letzten Briefen hast Du ersehen, daß der Bau der Alpen ein mannigfaltiger und complicirter ist; die hebenden und zerspaltenden Kräfte des Erdinnern, welche von vielfachen Einstürzen begleitet waren, haben in wiederholter Anstrengung den Alpenbau in

seinen großartigen Umrissen aufgeführt, und seine gegenwärtige Gestalt verdankt er der nie rastenden Einwirkung von Luft und Wasser. Indem ich nun zu dem Felsengehalt dieser Gebirgszone übergehe, kann es nicht in meiner Absicht liegen, in eine specielle Darlegung der geognostischen Verhältnisse der Alpen einzutreten; dies würde mich zu weit führen, und Dir selbst, ohne eine reichhaltige geognostische Sammlung alpinischer Handstücke, auch nur wenig nützen. Solltest Du Dich aber lebhaft dafür interessiren, so empfehle ich Dir „Studer's Geologie der Schweiz" und „die geologische Karte der Schweiz", womit Du wiederholte Besuche der reichen Sammlungen in Bern und Zürich verbinden müßtest, welche beide ein vorzüglich geordneter Inder des alpinischen Felsengehaltes sind. Obgleich eine solche Sammlung nie die Natur ersetzen kann, so erleichtert sie doch die Uebersicht und bereitet die Erkenntniß der geologischen Natur der Alpen selbst vor.

Längs der ganzen Mittelzone, in den Gebirgen von Bern, Wallis, Tessin, Glaris und Graubündten, erstreckt sich, wie Du nunmehr weißt, ein gewaltiger Zug krystallinischer Gesteine, sowohl schiefriger als massiger, welche vorherrschend aus Verbindungen von Feldspath, Quarz, Glimmer, Chlorit und Talk bestehen. Die Centralmassen selbst enthalten vorzugsweise glimmerreiche Quarzite, Talk- und Glimmerschiefer, Gneis und Alpengranit (Protogyn). Der wesentliche Bestandtheil des Quarzits ist Quarz, Glimmer ist ein häufig vorkommender Gemengtheil; das Gestein ist theils feinkörnig bis dicht, theils schiefrig. Manche Quarzite in der Flyschregion von Wallis und Graubündten sind wahrscheinlich metamorphischen Ursprungs, indem Adern und Fasern von Quarz in solcher Menge und so allgemein in den Flysch eindrangen, daß derselbe einen ganz veränderten Charakter gewann und in Quarzit umgewandelt wurde. Auf dem Gebirgskamm östlich von Churwalden in Bündten liegt auf grauem Schiefer weißer Quarzit, mit Drusen von Bergkrystall und von glänzend bunten Thonblättern durchzogen, welcher, durch Aufnahme von Glimmer und Aussonderung von Feldspath, in Gneis übergeht. Bei Sitten und Einfischthal im Wallis sind stockförmige Massen von Quarzit, oft mit talkigen Ablösungen, dem secundären Thonschiefer eingelagert, wie überhaupt den im Großen auftretenden metamorphischen Gesteinen. — Der Talkschiefer steht in naher Beziehung zum Thonschiefer, er ist ein aus meist stark verwachsenen Talkblättern bestehendes Gestein mit schiefriger Structur und metamor-

phischen Ursprungs. Als Beimengung tritt besonders Quarz auf. — Der Glimmerschiefer ist in großer Mächtigkeit und Ausdehnung verbreitet und besteht aus einem krystallinisch-schiefrigen Gemenge von Glimmer und Quarz; der Glimmer ist weiß, grau, braun, schwarz, auch wohl grün, gelb und roth, in getrennten Blättchen aber stark verwachsen; der Quarz in feinen Körnern, Mandeln oder Linsen, die ganz von Glimmer umhüllt sind. Unwesentliche Gemengtheile sind Granat, Turmalin, Epidot, Eisenkies. Ist der Eisenkies fein und zahlreich eingesprengt, so wird das Eisen durch atmosphärisches Wasser orydirt (rostig) und die Außenflächen des Glimmerschiefers so gleichmäßig roth, als ob sie mit dicker Farbe bemalt wären. An mehreren Orten im Wallis geht der graue und schwarze Schiefer in Glimmerschiefer über, so in den Visperthälern und auf den Nufenen, wo er Granaten und Belemniten einschließt, von denen die letzteren seinen metamorphischen Ursprung deutlich beurkunden. — Der Gneis, durch seine allgemeine Verbreitung unter den krystallinischen Schiefern das wichtigste Gestein, ist ein schiefrig körniges oder flaseriges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer; der Feldspath (gewöhnlich Orthoklas) meist weiß oder grau, in verwachsenen krystallinischen Theilen, gleichzeitig aber oft in großen Zwillingen porphyrartig ausgesondert; der Quarz grau, in Körnern oder mit dem Feldspath innig gemengt; der Glimmer gewöhnlich schwarz, tombakbraun oder grau, theils in getrennten parallel liegenden Blättchen, theils in zusammenhängenden ebenen Straten mit solchen von Feldspath und Quarz abwechselnd, oder die großen Feldspathkrystalle umhüllend. Oefters ist der Glimmer sehr vorherrschend und das Gestein schwer von Glimmerschiefer zu unterscheiden; in anderen Arten, dem granitischen Gneis, erscheint der Glimmer nur in sehr vereinzelten Blättchen, in den Gneis-Graniten liegen alle drei Gemengtheile in jeder Richtung durch einander, die Steinart ist aber deutlich geschichtet. Tritt an die Stelle des Glimmers Talk oder Chlorit, so heißen die Gneis-Granite Protogyne. Es wechseln mit dem gewöhnlichen Gneis nicht selten Lager von Hornblendgneis, einem krystallinisch-körnigen Gemenge von weißem, grünem oder gelbem Feldspath und schwarzer Hornblende. Wie der Glimmerschiefer ist auch der Gneis an der Oberfläche oft roth gefärbt. An manchen Orten sind Gneise aus Quarziten durch Aussonderung von Feldspath entstanden, an anderen Orten sind sie mächtigen Lagern gewöhnlicher Flyschschiefer und petre-

factenführender Kalksteine aufgelagert, wie in Bündten. Ueberall, wo Gneislager mit Lagern anderer Steinarten regelmäßig abwechseln und durch Uebergänge damit verbunden sind, wie in Wallis, Tessin, Bündten, sind sie als metamorphisch umgewandelte Lager zu betrachten. Ihr Vorkommen an anderen Orten scheint aber auch der Art zu sein, daß ihre Entstehung derjenigen der Porphyre und Laven gleicht. — Der Alpengranit, Geisberger in der Volkssprache, ist ein Gneis-Granit und in getrennten Blöcken ganz granitisch. Seine Gemengtheile sind weißer, stets vorherrschender Feldspath, zuweilen in großen Zwillingen, grauer Quarz und dunkelgrüner, talkartiger Glimmer. Diese, von anderen Graniten wesentlich abweichende Steinart bildet den innersten und oft auch erhabensten Theil der krystallinischen Centralmassen, des Montblanc, der Grimsel, des Gotthard und Selvretta. Während der gemeine Granit aus den Tiefen des Erdinneren stammt, so scheint mancher Alpengranit durch Metamorphose entstanden zu sein, als höchste Entwicklungsstufe des Gneises, der ohnehin die Bestandtheile des Granits enthält. Doch sprechen die Verhältnisse an verschiedenen Orten auch für directe Entstehung aus der Tiefe. An der Jungfrau z. B. ist der Kalk durch den Granit theils gehoben, theils umgefalzt und auf sich selbst zurückgeworfen worden, es hat sich also der Granit teigartig an den Rand des aufgebrochenen Kalkgebirges angepreßt, dasselbe gefaltet, durchdrungen und übergossen. Aehnliche Verhältnisse finden sich am unteren Grindelwaldgletscher und in der Selvrettamasse wieder. Denselben Ursprung hat auch der Gotthardgranit. Der gemeine, massige Granit ist ein grob- bis feinkörniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer; der Orthoklasfeldspath meist vorwaltend, weiß, gelblich oder grau, seltener fleischroth, stark verwachsen mit grauem, glasglänzendem Quarz, der Glimmer schwarz oder braun, in vereinzelten Blättchen eingemengt. Außerwesentliche Gemengtheile sind Turmalin, Beryll und Eisenglimmer. Dieser Granit findet sich im Bergell, wo er aber ein Gemenge von Albitfeldspath, grauem Quarz und vielem schwarzen Glimmer bildet, und oft über zwei Zoll große Feldspathzwillinge einschließt, die sich aus dem dunkeln Grunde prachtvoll hervorheben. Eine andere Gruppe von solchen Graniten findet sich im Oberengadin, in den Umgebungen des Julier und Albula und am Nord- und Südabfall des Bernina. Es ist ein grünlicher Granit von mittlerem Korn, der zweierlei Feldspath, Quarz, Glimmer und wenig Hornblende

enthält; der quarzreiche Granit am Julier enthält grünen Albit und fleischrothen Orthoklas, und derjenige am Bernina rothen Feldspath und milchweißen Quarz; im Oberengadin scheint der Granit eher in der Höhe, Hornblendgestein eher in der Tiefe vorzuwalten. Auf dem hohen Kamme von Gravesalvas, welcher den Julier vom Silsersee trennt, ist das jüngere Hervortreten des Granits und seine spätere Entstehung als alle seine Nebengesteine deutlich zu erkennen, denn er bildet einen schmalen felsigen Kamm über Glimmerschiefer, Serpentin, sowie über Kalkstein und Schiefer, welche eine leicht erkennbare metamorphische Einwirkung durch Berührung mit demselben wahrnehmen lassen. — Der Syenit, ein groß- oder kleinkörniges, deutlich krystallinisches Gemenge von Feldspath (bald Orthoklas, bald Labrador, seltener Albit) und Hornblende, nimmt seinem geologischen Vorkommen nach seine Stelle zunächst beim Granite ein, und bedeckt auf dem Kamm von Gravesalvas wie eine Mauer, von Granitgängen durchzogen, den versteinerungsführenden Flysch; noch ausgezeichnetere Syenitmassen kommen im Veltlin vor.

Eine Felsart, welche in der Mittelzone ebenfalls vorkommt, ist der Hornblendfels, eine groß-, klein- bis feinkörnige Verbindung von schwarzer oder dunkelgrüner Hornblende in durch einander gewachsenen strahligen Krystallen, mit Einschüssen von Eisenkies, Granat, Glimmer, Epidot u. s. w. Hornblende, theils massig, theils als Schiefer, kommt in den Centralmassen des Finsteraarhorns, des Bernina, Gotthard und Selvretta vor, außerdem in mehreren Thälern Tessins (Verzasca, Marobbia), wo er abwechselnd mit Gneis auftritt, und im Oberengadin ist von Silvaplana bis Celerina die Hornblende im Thalgrund überwiegend, obgleich Granitmassen damit verwachsen sind. Im mittleren Theil des Engadin, im Thale des Spöl, sieht man fast keine andere Steinart als Hornblendschiefer. Auch im Tawetsch und Umgebung und in den Schiefergebirgen des Wallis gelangen mehrere Einlagerungen von Hornblendgesteinen zu einiger Bedeutung, und im Verlängern ihres Streichens treffen die von Wallis das Finsteraarhorn, dessen Gipfel vorherrschend aus Hornblende besteht.

Der mit Talkschiefer oft verbundene Chloritschiefer, berggrün bis schwärzlich grün, schuppig körnig, fein und verwachsen blättrig bis dicht, tritt oft auch selbständig auf. Verliert er durch das Verwachsen seiner Blätter die Spaltbarkeit, so daß er dickere Lager bildet, so heißt er Topf- oder Lavezstein und wird bekanntlich vielfach zu Oefen und

Töpfen verarbeitet. Chloritschiefer findet sich in beträchtlicher Ausdehnung in der Umgebung des Monterosa und im südlichen Theil von Oberhalbstein, wo sich mit ihm auch Topfstein und Serpentinschiefer verbindet, von denen der erstere noch außerdem in Tessin und in den Visperthälern, an der Nordseite der Finsteraarhornmasse und anderwärts sich findet.

Nahe verwandt mit dem Topfstein ist der schwarze, dunkelgrüne, selten hellgrüne, dichte, selten fein und verwachsen faserige Serpentin; er ist von geringer Härte, stark zerklüftet und bildet durch Verwitterung rothbraun nackte Felsflächen oder Halden. Eingemengt sind oft Diallag, Granat, Magneteisen und andere Mineralien. Er bildet meist stockförmige Massen von sehr ungleicher Mächtigkeit und Ausdehnung, in den Alpen besonders von Flysch oder Kalksteinen umschlossen, oder denselben kuppenartig aufgesetzt. Zuweilen tritt er auch gangartig auf, als in die Höhe steigende, meist beträchtlich starke Verzweigungen einer tiefliegenden Grundmasse. In der ganzen Erstreckung vom Montblanc bis Finstermünz im Unterengadin kommt der Serpentin in den südlicheren Alpen unter mannigfachen Verhältnissen vor, häufig begleitet von Gabbro, einem krystallinisch groß- und feinkörnigen Gemenge von grauem, grünem, braunem bis schwarzem Diallag und grauem bis dunkelgrünem Labrador, denen nicht selten auch Hornblende beigemengt ist. Der Gabbro kommt unter Anderem bei Marmels im Oberhalbstein, am nordwestlichen Fuß des Matterhorns in Verbindung mit Serpentin, und als ein sehr schönes Gestein (Euphotid) auf dem hohen Saasergrat im Wallis vor. Serpentin tritt in den südlichen Thälern von Wallis auf, wo graue und grüne Schiefer gegen den Gneis überwiegen, im Tessin, in Verbindung mit Topfstein in einer Zone am Nordende der Gotthardsmasse zwischen Gneis und Granit, am häufigsten in Mittelbündten, wo der Schiefer eine tief eingreifende Bucht zwischen Gneisgebirgen bildet. Es findet sich Serpentin zwischen Sils und Gravesalvas, und durch ganz Oberhalbstein bilden Kalk- und Thonschiefer, grüne Schiefer und Serpentin, der zwischen Tinzen und Stalla am mächtigsten entwickelt ist, ein zusammengehöriges Ganzes. Während die einen Geologen im Serpentin und Gabbro plutonisch aus dem Inneren hervorgestiegene Massen erblicken und dieselben für die Ursache des Uebergangs der grauen in grüne Schiefer ansehen, so betrachten umgekehrt andere jene massigen Gesteine als die letzte Stufe der metamorphischen Umwandlung der Schiefer. Studer gibt der letzteren Ansicht,

gestützt auf seine gründlichen Studien der Alpengeologie, den Vorzug, wie er denn überhaupt den Begriff des Metamorphismus auf mehr Gesteinarten ausdehnt, als gewöhnlich geschieht. Die Verhältnisse in Bündten scheinen ganz besonders für diese Ansicht zu sprechen. Will man zwischen den drei Schieferarten und dem Serpentin des Oberhalbsteins verschiedene geologische Epochen unterscheiden, so können dieselben, nach Studer, nicht als Epochen successiver Ablagerung der verschiedenartigen Gesteine, sondern nur als Epochen successiver Umwandlung einer ursprünglichen Grundmasse bezeichnet werden. Demnach müßte in einer früheren Epoche der graue Schiefer als eine Meeresablagerung von gewöhnlichem Mergelschiefer und Kalkstein betrachtet werden, welche in einer folgenden Epoche die Umwandlung in höher krystallinische Gesteine erlitten, die sich dem Glimmer- und Talkschiefer näherten, und in einer noch späteren in grüne Schiefer überging und sich zu Serpentin und Gabbro entwickelte. Da nun die Zone, zu welcher diese Gesteine gehören, sich schmal und in geräder Linie quer durch die Mittelzone vom Malencothale nördlich von Sondrio über Oberhalbstein bis Rotels im Domleschg zieht, und da zu beiden Seiten dieser Zone sich der Serpentin schnell verliert, während die ihn umschließenden grauen Schiefer und Glimmerschiefer ohne Unterbrechung fortziehen; so scheint der Einfluß, der die Schiefer in Serpentin umgewandelt hat, über einer Spalte der Erdrinde wirksam gewesen zu sein, indem vielleicht heiße Dämpfe durch diese Spalte metamorphisch eingewirkt haben. Eine zweite Serpentinlinie, welche im Streichen der Alpen liegt, durchzieht von Davos über Erosa nach Parpan eine auch in anderer Beziehung geologisch sehr merkwürdige Gegend, und würde in westlicher Fortsetzung die erste Serpentinlinie bei Rotels kreuzen. Hinten im Urdenthal, am Nordfuß des Weißhorns zwischen Erosa und Parpan, liegen Schutthalden von Kalk- und Dolomitblöcken des zerrissenen Berges und seiner östlichen Fortsetzung, und mit diesen Trümmern sind Tafeln von buntem Schiefer, Quarzite und Gneise des Berggrates gemengt. Eine Dioritkuppe (zähes feinkörniges Gemenge von blaßgrünem Albit und unklar entwickelter Hornblende) erhebt sich aus diesem Trümmerfeld, und dieses Gestein taucht auch gegen Erosa hin in einzelnen Kuppen auf, indem es in enger Verbindung mit dem Serpentin zu stehen scheint. Es bildet in der Höhe zwischen dem einsamen Bergdorfe Erosa und dem Urdenthale zerrissene Felsstöcke, welche sich aus den Quarziten und

Glimmerschiefern erheben, die südlich unter den Dolomit der Weißhornkette einfallen. Es ist dies eine Gesteinsfolge, die sich gewöhnlich als Grundlage der nördlichen Kalkzone findet, und in welcher mit den Quarziten und Glimmerschiefern, wie hier, gelb bestaubte Dolomite abwechseln. Die Abänderungen dieses Diorits sind mannigfaltig: größere Massen desselben bestehen aus dichtem, hellgrün und violett in einander verwachsenem Spilit (Schalstein), andere Partien haben sich als Spilitmandelstein entwickelt, noch andere sind Variolith geworden, eine dunkelgrüne oder violette Grundmasse, welche erbsengroße, im Korn braune, gegen den Rand grüne Kugeln einschließt. In geringer Entfernung dringt auch Serpentin hervor. In der Umgegend von Erosa werden die schwarzen und braunrothen Serpentinhalden häufiger, und der feste Serpentin, der ebenfalls nicht fehlt, verhält sich wie ein abnormes Gestein, das zwischen Felsmassen jeder Art und jedes Alters eingedrungen ist. Der Plessur nach auswärts wechseln Serpentin, glimmerreicher Quarzit und Kalkstein, und am Ausgang des Thales gegen Schalfik steht auf der rechten Seite wieder Serpentin an, von rothem Jaspis überlagert, auf welchem wieder Kalkstein liegt. Am mächtigsten ist hier aber der Serpentin entwickelt auf der an den Casannaberg anstoßenden todten Alp im Hintergrund des Schalfik. Hier steigt eine braunrothe, nackte Hochfläche gegen Nord bis auf den Rücken des Gebirgs; der Boden, mit braunen oder schwarzen Serpentinschollen bedeckt, gleicht einem frisch aufgewühlten Acker; zur Linken die blassen Felswände des Casannaweißhorns, einem stark zerspaltenen Gletscher ähnlich, zur Rechten eine rauhe Felskette metamorphischer Gesteine. Das zerrissene, fortdauernder Zerstörung erliegende Gebirge, die düsteren Farben des Gesteins, der Mangel an Vegetation, Alles dies vereinigt eignet diese, in der bündtnerschen Volkssage bekannte Gegend, wie wenige in unseren Alpen, zum Schauplatz von grausigem Geisterspuk und zu Erzählungen von verwünschten Bergen und goldenen Schätzen. In dieser merkwürdigen Gegend zeigt sich also der Metamorphismus in großer Mannigfaltigkeit und in allen Stufen vom Dolomit, Quarzit und Glimmerschiefer bis zum Serpentin und zu dem den Gabbro vertretenden Diorit. Eine isolirte Serpentingruppe tritt endlich noch im Unterengadin auf der Südseite des Inn auf. Auf dem Wege von Ardez nach Tarasp auf der rechten Seite des Inn, in der Nähe der Brücke bei Ardez, zeigen sich die ersten Serpentintrümmer

in der Nähe sehr gekrümmter Kalklager, und das Gestein hält von da an längs der rechts vom Wege liegenden unteren Waldstufe bis Sins an. Eine kleinere Masse taucht zunächst am südlichen Fuße des Tarasper Schloßhügels hervor und setzt bis in die Nähe der Heilquellen fort. Längs der Thalspalte ist der Schiefer an vielen Stellen bald grüner Schiefer, bald glimmeriger Thonschiefer und Glimmerschiefer, bald ein gneis- oder granitähnliches Gestein geworden. Die ganze Gegend um Tarasp, Fettan und Schuls ist aber nicht nur durch das Auftreten von Serpentin, sondern noch durch andere Erscheinungen ausgezeichnet, welche auf eine im Boden fortdauernde chemische Thätigkeit hinweisen. Es befinden sich hier im Umkreis einer Stunde 20 verschiedenartige Mineralquellen, westlich und östlich von Schuls kohlensaure Gasquellen (Mofetten), in einer Sinterhöhle zwischen Schuls und Sins, an den Schieferfelsen bei Ardez und anderwärts Efflorescenzen von Bittersalz und solche von Eisenvitriol in einer Höhle am linken Ufer des Scarlbachs. An der Nordseite des Inn, hoch oberhalb Schuls, tritt eine Serpentinmasse auf, welche an Ausdehnung und ödem Aussehen derjenigen der todten Alp ähnlich ist. Wir haben in diesen Gegenden zwar nicht die herrlichen Gletscher, die schönen Wasserfälle und die großartigen Formen hochaufragender Schneegipfel, welche das Berneroberland auszeichnen; aber eine Gebirgsnatur, die theils durch den Charakter der Wildheit und Zerstörung, theils durch die weit verbreiteten Spuren intensiver, zum Theil noch fortdauernder metamorphischer Prozesse, welche besonders bei Tarasp auf eine nahe Verbindung mit dem Erdinneren hindeuten, theils endlich durch merkwürdige Lagerungsverhältnisse der Gesteinsformationen zu den interessantesten des ganzen Alpengebirgs gehört.

Grauer oder schwarzer dichter Kalkstein und weißer salinischer Marmor treten in der Mittelzone in größeren oder kleineren Massen auf. In der Regel steht der gewöhnliche graue Kalkstein mit dem grauen Schiefer, auch wohl mit dem grünen Schiefer und Serpentin in Verbindung und der salinische Marmor ist meist dem Glimmerschiefer und Gneis eingelagert. Der dichte Kalkstein besteht oft aus reiner kohlensaurer Kalkerde, nicht selten mit beigemengter Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd und Kohle, welche ihn schwarz färbt, und ist theils ganz homogen, theils mit einzelnen krystallinischen Schuppen, bald in mehrere Fuß und sogar Klafter mächtige Bänke abgesondert, bald sehr dünn

geschichtet, bis schiefrig. Es ist wahrscheinlich, daß der größte Theil der Kalksteine das Product der Korallenthiere und Polythalamien ist, so jedoch, daß die kleinste Thierwelt nicht auf die Substanz selbst, sondern nur auf die Aggregation der Gesteine und die Gestalt ihrer kleineren Theile Einfluß gehabt hat. Durch die Einwirkung von Luft, Wetter und atmosphärischem Wasser wird der im Inneren durch Kohle schwarz gefärbte Alpenkalk an der Außenfläche hellgrau gebleicht, weil durch Bildung von Kohlensäure der Kohlengehalt entfernt worden ist; dichte dolomitische Kalksteine bedecken sich in den Alpen mit einem staubigen, strohgelben Anflug, der aus etwas eisenschüssigem Dolomit zu bestehen scheint; viele Dolithkalksteine des Jura, welche im Kern bläulich-schwarz sind, erscheinen von der Außenfläche und von jeder Kluft weg einwärts braun bis braunroth. Da in den Alpen der Kalk unmittelbar dem Gneis aufliegt und den jüngeren Secundärformationen angehört, so ist seine schwarze Färbung um so auffallender, weil im nahen Jura die nämlichen Formationen als helle Kalksteine oder graue Mergel auftreten, und auch das Schwarz in ein immer helleres Grau übergeht. Es ist daher wohl möglich, daß der Alpenkalk seine schwarze Farbe durch eine Sublimation und Cämentation der Kohle älterer, im Metamorphismus untergegangener Kohlenbildungen erhalten hat. Die Metamorphose blieb aber nicht blos auf die Färbung des Gesteins beschränkt; denn es ist natürlich, daß die Einflüsse, unter denen die gewöhnlichen Schiefer zu grauen, grünen, Glimmerschiefern und Gneisen wurden, sich auch auf die Kalksteine erstrecken mußten, welche mit ihnen in Verbindung stehen. Selbst die schwarzen Kalksteine haben sich diesen Einflüssen nicht entzogen, sie sind im Anschlagen klingend, dickschiefrig oder in Platten abgesondert, und ihre Oberfläche ist mit einem glimmer- oder talkähnlichen Anflug bedeckt. — Der Alpenkalk umsäumt die krystallinische Mittelzone nördlich und südlich ihrer ganzen Länge nach und tritt in dieselbe aus beiden Nebenzonen über, bildet jedoch erst vom Langensee an ein bedeutendes Gebirgsland im Süden. Im östlichen Theil der Mittelzone erstreckt er sich mit dem Schiefer bis an die Südgrenze Graubündtens, so daß er sich hier von der nördlichen Nebenzone her über das ganze Alpensystem ausdehnt, in den Gebirgen von Bern und Wallis breitet er sich westlich von der Centralmasse des Finsteraarhorns bis zur Rhone, wo er dem Schiefer und Kalk begegnet, der aus der südlichen Nebenzone zwischen den Gneismassen des Montblanc und Wallis nach Norden vordringt; eine schmale

Kalkzone streicht durch Wallis über die Rufenen nach dem nördlichen Tessin und verbindet sich mit dem Kalk und Schiefer der Bündtnergebirge. Offenbar ist also der Zusammenhang der Kalkdecke durch die Gneismassen unterbrochen. Der Alpenkalk umfaßt mehrere Formationen, aber während man in ihm in den Ostalpen Muschelkalk, Keuper, Lias, Jura und Glieder der Kreidegruppe vertreten findet, so entsprechen in unseren Alpen die untersten Kalkschichten den jurassischen, die oberen den Kreidebildungen. Dies beweisen die organischen Ueberreste, unter denen man noch keine Versteinerungen des Muschelkalkes gefunden hat. Selbst in den Kalkgebirgen Bündtens, die als eine Fortsetzung der Kalkbildungen Tyrols erscheinen könnten, weisen alle Petrefacten, die dort bis jetzt gefunden worden sind, das wiederholte Vorkommen von Belemniten namentlich, darauf hin, daß die bündtnerschen Kalk- und Schieferbildungen jurassisch sind, so groß auch die Aehnlichkeit dieses Kalkes mit dem unteren, dem Muschelkalk entsprechenden und dem rothen Sandstein aufgelagerten Alpenkalk der Ostalpen ist. Die Kalkgebirge Bündtens bilden also gegen die Ostalpen und Oesterreich, unserem lieben Nachbarn, eine geologische Grenze, die mit der politischen nahe zusammenfällt, ungefähr wie der Kalk- und Schieferstreifen im südlichen Wallis gegen die Westalpen. — Südlich vom Davoser-Landwasser erheben sich drei mächtige Kalkmassen, durch Glimmerschiefer und älteren und jüngeren Sandstein von einander getrennt. Die beiden unteren Kalkmassen sind schwarz, deutlich geschichtet, mit Vegetation bedeckt, die oberste, zerspalten und nackt, ist vorherrschend Dolomit. Auf der linken Seite der Albula ist aller Kalk und Dolomit zu einer ungetrennten Masse vereinigt, welche in den wunderbaren Felsstöcken des Piz Promascel, Piz Ragnuz und Tinzerhorns Formen bildet, wie sie kühner im Kalkgebirge selten vorkommen und auf jeder freien Anhöhe Bündtens, besonders schön von der Lenzerheide aus, das Auge fesseln. Diese Kalkmassen hängen mit denjenigen des Selvretta zusammen. — Grauer, körniger Kalkstein und weißer Marmor, in Einlagerungen und stockförmigen Massen, finden sich auf dem großen Bernhard und am Mont Combin; im Nicolaithal, in der Umgebung von Zermatt, herrscht körniger, dickschiefriger Kalk mit talkigen Ablösungen, der entweder weiß und grün, oder weiß und grau ist, und der letztere findet sich wieder im Saasthal, wo nach der Höhe zu mit glimmerigem grauem Schiefer körnige Kalklager abwechseln, die stellenweise mit Glimmer-

und Talkblättern durchzogen sind, d. i. zu Cipollin geworden sind. In den Tessineralpen, ebenso in den bündtnerschen Thälern Calanca und Misocco, tritt der Kalk als weißer Marmor in vereinzelten Nestern auf, und wo er vom Gneis umwickelt ist und beide Gesteine sich gegenseitig durchdringen, da muß die Umwandlung des Kalkes in Marmor und Dolomit mit der Gneisbildung als gleichzeitig betrachtet werden. In Bündten, wo der Kalkstein der Mittelzone zwischen den krystallinischen Schiefern die größte Ausdehnung und Mächtigkeit zeigt, kommt auch der weiße Marmor häufig vor. So zeigt sich auf der Südseite des Valserberges im Rheinwaldthal bald dolomitischer Kalk, bald weißer Marmor, bald Cipollin; nördlich vom Splügenpaß wird weißer Marmor zu Kunstarbeiten gebrochen; im Ferrerathal und am Eingang von Avers bildet der weiße Marmor größere Gebirgsmassen, reich an Eisenglanz und Eisenglimmer, und zieht sich, theils abwechselnd mit Gneis, theils das Uebergewicht gewinnend, von Canicül bis in den Hintergrund des Madriserthals. Studer betrachtet die Marmorgebirge von Ferrera und die Kalk- und Dolomitstöcke zwischen Schams und Savien als losgesprengte Glieder des Hauptzuges von Kalk, der vom Selvretta und dem Prättigau über Klosters nach Davos und Erosa ununterbrochen der Gneisgrenze folgt. — Der Dolomit tritt in unseren Alpen an vielen Orten auf, als zuckerartiger und grauer Dolomit, als dolomitischer Kalkstein und Rauhwacke, ein Dolomitgestein, das die mannigfaltigsten Gestalten annimmt. Der zuckerartige, weiße, seltener graue Dolomit, der, wie der weiße Marmor, Einlagerungen im Glimmerschiefer und Gneis bildet, ist von lockerem Gefüge, so daß er leicht in Sand zerfällt, und selbst wenn er wie polirter Marmor aussieht, im Anschlagen zerbröckelt. Er schließt oft Braunspathkrystalle, Schwerspath, Tremolith, Idokras, rothen und blauen Korund, wasserhellen, gelben und grünen Turmalin, Rutil, Schwefelkies, Auripigment und andere Mineralien ein. Er kommt vor im Binnenthal und am Simplon im Wallis, in Verbindung mit Gyps am Pasodan und im Bavena-, Bedretto-, Canaria- und Piorathal und im Livinenthal abwärts bis Faido. Oestlich tritt auf der Greina Rauhwacke an seine Stelle. Der graue, feinschuppige bis dichte, zuweilen zusammengebackener Asche ähnliche, an der Oberfläche wie mit weißem Staub besetzte Dolomit in Bündten ist keine Einlagerung grauer oder krystallinischer Schiefer, sondern bildet nackte, dem Hochlande aufgesetzte Felsstöcke und Ketten mit

warziger, zackiger, oft wie zerhackter Außenfläche, umgeben von Trümmerhalden, die sich stets frisch erhalten, weil das durch und durch zerspaltene Gestein fortdauernder Zerstörung unterliegt. In dem mit verticalen Schieferwänden umschlossenen Hintergrund von Savien erheben sich auf der Hochfläche der Piz Tschon und andere Dolomitkegel, die sich bis zu dem steil nach Norden abstürzenden Piz Beverin bei Thusis erstrecken. In derselben Gegend begleitet ein Streifen von Rauhwacke die Schieferbildung und den Gneis der Suretamasse und bildet auf den Höhen oberhalb Schams eine mächtige Gebirgsmasse. Im Engadin, am Casannaberg und anderwärts in Bündten kommt Dolomit vor, der zackige, geborstene Gestalten, Steinwüsten und öde Thäler bildet, auf deren Grund die stets frischen Trümmerhalden der nackten Thalwände zusammenstoßen. Der Contrast eines solchen öden Landschaftbildes wird um so auffallender, wenn man von einem freien Standpunkte zugleich Waldungen und die grünen, mit mannigfach gefärbten Blumen durchwobenen Triften benachbarter Thäler übersehen kann. Der dolomitische Kalk oder dichte Dolomit mit graulich weißer, gelber oder braunrother, wie bestaubter Oberfläche, geschichtet, aber zugleich senkrecht zerklüftet, meist äußerst zähe, ist ebenfalls metamorphischen Ursprungs. Mächtige Lagerfolgen dieser Dolomite bilden zwischen dem Gneis und Kalk meist die Grundlage der bunten Schiefer, Quarzite und Talkconglomerate, und in Glaris treten sie auf dem obersten Kamm der aus Flysch und Nummulitenkalk bestehenden Gebirge auf. — Weißer, oder bräunlich und röthlich gefärbter, meist feinkörniger bis dichter Gyps steht in enger Verbindung mit Dolomit und Rauhwacke und folgt im westlichen Theil der Mittelzone vom Montblanc bis zum Gotthard dem Streichen der Schiefer und der ihnen untergeordneten Kalksteine und Dolomite. Im Wallis hält er sich stets in der Nähe des Ausgangs der südlichen Thäler oder im Hauptthale selbst. Bei der Gabelung der Schieferzone an der Gotthardsmasse tritt er in der Nähe der Furca und auf der Südseite des Gotthard in Bedretto, Canaria und Blegno auf. In Bündten scheint er von Serpentin, Dolomit und Granit, also vom Hervortreten metamorphischer und eruptiver Gesteine abhängig. In Verflechtung mannigfacher Felsarten zeigt er sich in der Umgebung des Casannaberges, wo so mancherlei Gesteine zusammenstoßen, ferner am Weißhorn bei Parpan und in der südlichen Fortsetzung dieser Gesteine in Oberhalbstein, Bergün, Albula, und im Oberengadin; im Unter-

engadin bei Fettan, Sins, Tharasp, wo krystallinische Gesteine und reiche Mineralquellen hervortreten, kommt ebenfalls Gyps vor.

Es ist im Verlauf dieser Uebersicht der geologischen Verhältnisse mehrmals der grauen und grünen Schiefer und ihres Vorkommens gelegentlich erwähnt worden. Unter der allgemeinen Benennung „graue Schiefer" faßt Studer graulichschwarze Thonschiefer, dunkelgraue, dick- oder dünnschiefrige Sandsteine, Kohlenschiefer und Flysch zusammen. Die Formation dieser grauen Schiefer ist die älteste in unseren Alpen, welche Versteinerungen von Organismen enthält, und sie erscheint „als die ursprüngliche Grundmasse der Mittelzone, aus welcher viele der angeführten Steinarten durch Umwandlung und den Zutritt neuer Stoffe hervorgegangen, vielleicht auch für sich aus der Tiefe aufgestiegen sind." Graue Schiefer, welche durch Pflanzenüberreste der Steinkohle sich auszeichnen und eisenschwarzen oder grauen Anthracit (Glanzkohle) führen, kommen vor westlich und östlich vom Montblanc, im unteren Wallis im Trientthale, an der Dent de Midi, Dent de Morcles und weiter östlich in einigen der südlichen Thäler. Im oberen Wallis und in Bündten fehlen sichere Beweise einer Fortsetzung dieser Anthracitschiefer. Andere graue Schiefer, jünger als die genannten, scheinen der Jurazeit anzugehören, denn es kommen in ihnen Belemniten und Pentacriniten vor. Diese Schiefer treten im Wallis auf und verbreiten sich durch Bedretto über den Scopi und die Greina weit nach Bündten hinein, in die Thäler Lugenz, Savien, Schams, Oberhalbstein und in ihnen sind hier die Engpässe der Via mala, des Schyn und des Versamer Tobels eingeschnitten. Der Fucoiden enthaltende Flysch tritt aus der nördlichen Nebenzone in die Mittelzone über; er findet sich im Prättigau, in der Hochwangkette, welche dieses Thal vom Schalfik scheidet, und von Chur aufwärts bis Parpan. — Der grüne Schiefer, welcher den grauen mit dem Serpentin verbindet, ist auf der ersten und verbreitetsten Stufe der Entwicklung ein grünlichgrauer, berggrüner oder dunkelgrüner Thonschiefer, und wo der graue Schiefer sich dem Glimmerschiefer nähert, oder als Glimmerschiefer auftritt, zeigt auch der damit verbundene Schiefer höhere krystallinische Ausbildung und erscheint als Chloritschiefer. Wir finden beide Arten in mehreren Thälern von Wallis und in Bündten in Rheinwald, Savien und besonders in Oberhalbstein und anderwärts.

Endlich habe ich noch zweier Conglomerate, des Verrucano

und rothen Sandsteins, zu erwähnen, welche dadurch merkwürdig sind, daß ihre Verbindung mit Rauhwacke und gelb bestaubtem Dolomit, ihre Beziehung zu den krystallinischen Centralmassen und andere Verhältnisse zu der Annahme berechtigen, daß sowohl mechanische als chemisch-plutonische Kräfte, Sedimentbildung und Erosion eben so wie von unten her aufsteigende Stoffe zu ihrer Hervorbringung und Gestaltung mitgewirkt haben. Der Verrucano erscheint bald als ein mit Talkcement verkittetes grünliches oder röthliches Quarzconglomerat, bald besteht das Bindemittel aus weißem Glimmer oder grobem Quarzsand und rauhem, dunkelrothem Thonschiefer, worin festumschlossene eckige oder runde Geschiebe von Quarz, Jaspis, Gneis, Glimmerschiefer, rothem oder schwarzem Thonschiefer, auch wohl rothem Porphyr, Dolomit und Kalk liegen. Der Verrucano kommt stets an den äußersten Enden der centralen Gneismassen vor und in einer besonders mächtigen Entwickelung am nordöstlichen Ende der Finsteraarhornsmasse, in der schon früher erwähnten Gebirgsgruppe zwischen der Linth und dem Rhein. Er ist in jener Gegend bekannt als Sernffschiefer und Melserconglomerat. In dem ganzen Revier zwischen dem am Wallensee ausmündenden Murgthal, dem Sernfthal und Weißtannenthal bildet der Verrucano die obersten Gräte, oder die Decke besteht aus einem wenig mächtigen Lager von Dolomit und Quarzit. Im Kärpfstock aber und in der Hauptkette zwischen Bündten und Glaris verwickeln sich die Verhältnisse. Im Sernfthal ist ein grauer Flyschsandstein und der bekannte schwarze Glarnerschiefer die anstehende Felsart von Engi bis Matt, welche südlich vom Kärpfstock in's Linththal übersetzt und sich bis Schwanden erstreckt. Die höheren Massen des Kärpfstocks hingegen bestehen aus Verrucano, rothen Conglomeraten und Schiefern, die dem schwarzen Schiefer aufgesetzt sind, zwischen Engi und Schwanden aber mit dem Verrucano des Murgthales unmittelbar zusammenhängen. Diese Lagerungsverhältnisse sind sehr schwierig zu erklären. Studer äußert sich darüber folgendermaßen: „der Schiefer von Matt (im Sernfthal) ist, seinen organischen Ueberresten zufolge, eine der jüngsten alpinischen Bildungen, und wird doch von derselben Verrucanomasse bedeckt, die gegen den Wallensee zu, am Fuße des Glärnisch und an so vielen anderen Stellen den ältesten Gliedern unserer Kalkalpen zur Grundlage dient. Um dieses Verhältniß durch eine Umstürzung zu erklären, müßte man voraussetzen, daß der ganze südliche Theil des Kantons, eine Gegend von

wenigstens 16 schweizerischen Quadratstunden Oberfläche, sich in verkehrter Auflagerung befinde und würde selbst hiermit nicht ausreichen. Einfacher scheint die Annahme, daß die Conglomerate des Verrucano von unten her, unter Begleitung tief eingreifender metamorphischer Prozesse, in die Höhe gedrungen seien und die sedimentäre Decke theils gehoben und auf die Seite geworfen, theils überdeckt haben. Für eine Abstammung aus der Tiefe zeugen die vielen, der Gegend ganz fremden Geschiebe von Granit und Porphyr, die man in dem Verrucano des Murgthales findet, es spricht dafür das locale Auftreten dieser Conglomerate in colossalen Massen, die Aehnlichkeit ihrer Felsgestalten mit denjenigen eruptiver Gesteine, der Mangel deutlicher Stratification. Während dieses Ausbruchs, der aus einer vom Kärpfstock nach dem Murgthal gezogenen Spalte scheint stattgefunden zu haben, mögen eisenhaltende Sublimationen die angrenzenden Schiefer gehärtet und gefärbt, es mögen andere Umwandlungen die aufliegenden Quarzite und Dolomite erzeugt haben." — In verwickelten Verhältnissen treten Verrucano und rother Sandstein auf Davos, wohin der letztere aus dem benachbarten Prättigau herübertritt, und besonders am Auskeilen der Gneismasse des Selvretta bei Bergün auf. Der rothe Sandstein erscheint auf der Grenze von Gneis und Kalkstein, nicht selten aber ist das rothe Gestein eingeklemmt zwischen eine obere und untere Kalkmasse, oder in verkehrter Lagerung, der Kalk unten, der Gneis oder Glimmerschiefer oben; oder vertikaler Gneis steht in der Mitte eines Fächers, zu beiden Seiten von Sandstein und weiter auswärts von Dolomit oder Kalk begleitet, wie am Ausgang des Thales von Tuors. Im Norden dieses Thales, auf dem Sandhubel, der über 8000 Fuß ansteigt, ist der umgewandelte Sandstein auf einer höheren Entwicklungsstufe zu Porphyr geworden.

Sechsundzwanzigster Brief.

Nördliche Nebenzone.

Wenn Du Dir mit Hülfe einer Karte aus meinem letzten Briefe eine ungefähre Vorstellung von dem geologischen Reichthum der Mittelzone bilden kannst, so ist meine Absicht erreicht. Verschiedene Agentien

haben dazu beigetragen; die hebenden Kräfte, die chemische Thätigkeit im Contact mit aufgestiegenen erhitzten Massen oder durch Wärme, heiße Dämpfe, Injection fremdartiger Stoffe und Cämentation, die Schwere bei der Sedimentbildung und die gewöhnlich erst in ihren Folgen auffallend hervortretende chemische oder mechanische Wirkung der Luft und des Wassers. Dabei muß es Dir klar geworden sein, daß die ursprüngliche Mannigfaltigkeit der sedimentären neptunischen Felsarten, die unsere Berge zusammensetzen, durch die vielfach complicirte plutonische und metamorphische Thätigkeit bedeutend vermehrt worden ist, indem sie einen reichen Wechsel von Eruptivgesteinen, krystallinischen Schiefern verschiedener Art und Entwicklungsstufen, Kalksteinen, Dolomiten, Sandsteinen, merkwürdigen Conglomeraten und gewöhnlichen Schiefern erzeugte. Alle diese Gesteine bedingen mehr oder weniger verschiedene Oberflächengestaltungen, mehr oder minder ansprechende oder imponirende Bergformen. Während der gewöhnliche Granit abgerundete Berg- und Felsformen bildet, kehren die krystallinischen Schiefergesteine, wo sie durch gewaltige Erhebung und Aufrichtung zerrissen sind, ihre scharfen Spitzen als Felszacken gen Himmel; sehr auffallend sind die ruinenartigen Felsformen des oft wild zerrissenen Dolomits, und ebenso die steilen, felsigen Abhänge des aufgerichteten Alpenkalks mit seinen vielgestaltigen, meist nackten Gipfeln. In den Formen der ungeschichteten Gebirgsmassen herrscht im Allgemeinen eine größere Mannigfaltigkeit, als in denjenigen der geschichteten, und selbst die einzelnen Formen sind ausgezeichneter. Neptunische Gebirgsmassen, die aus einerlei und wagrecht liegenden Schichten bestehen, zeigen öfters eine große Einförmigkeit, und selbst wenn verschiedene neptunische Gebirgsmassen in gleichförmiger Lagerung mit einander vorkommen, erscheint nicht immer viel Abwechslung; dagegen tritt eine viel größere Verschiedenheit der Formen ein, wenn, wie in unseren Alpen überall, die Schichten aufgerichtet und in ungleichförmiger oder übergreifender Lagerung erscheinen; die größten und auffallendsten Formverschiedenheiten zeigen sich aber da, wo geschichtete und massige Gesteinsarten mit einander in Verbindung stehen. Ganz natürlich übt auch das Verhalten der verschiedenen Felsarten gegen die Erosion ihren Einfluß auf die Formverhältnisse aus, wie Du nachher sehen wirst. Im Allgemeinen wird eine Gebirgsmasse nach und nach desto mehr abgerundet, je weniger sie der Witterung widersteht, während andere Massen, die nicht so leicht eine chemische Zersetzung erleiden und deren Aggrega-

tionszustand der mechanischen Einwirkung mehr Widerstand leistet, ihre Formen reiner erhalten und die zerstörbareren überragen.

Da die südliche Nebenzone größtentheils dem Gebiete von Oberitalien angehört, so bleiben mir die geologischen Verhältnisse der nördlichen allein noch zu besprechen übrig. Sie erstreckt sich in mächtigen Felsbildungen am Nordrande der krystallinischen Centralmassen von Savoyen durch die ganze Schweiz bis über ihre Ostgrenze hinaus und bildet, als die eine der stehen gebliebenen Seiten des aufgebrochenen Alpengewölbes, zwischen den Hochalpen und der Molasse ein breites, vielfach zerrissenes Gebirgsland, in welches die Seen eindringen und demselben einen eigenthümlichen Reiz verleihen durch den Contrast ihres ebenen, ruhigen Spiegels mit den steilen, oft zerklüfteten Felswänden. Es sind aber die Lagerungsverhältnisse in vielen Theilen dieser Zone durch häufige Windungen der Schichten, von denen ich Dir zu Ende des dreiundzwanzigsten Briefes geschrieben habe, durch vielfachen Wechsel im Streichen, durch Verwirrung des ursprünglichen Zustandes und wiederholte Verwerfungen, durch Uebergang des Kalks in Dolomit und andere Störungen so sehr verwickelt, daß ich mich, um Dich nicht zu ermüden, nur auf wenige Partien beschränken will.

Kalkstein, Sandstein und Schiefer bilden diesen Theil unserer Alpen, und unter diesen Gesteinen erscheint auch hier, wie in der Mittelzone, der Lias als die älteste neptunische Bildung. Was die allgemeinen Lagerungsverhältnisse betrifft, so findet sich der Verrucano in der Grundlage, welchem Lias und Dolith aufgelagert ist, und dann folgen in großer Mächtigkeit die Kreidebildungen, Flysch und Nummulitenkalk. Diese Formationen erscheinen jedoch in ungleicher Ausdehnung und Anordnung über die nördliche Nebenzone ausgebreitet. Zwischen den zwei Querthälern der Arve und Aar sind die Kreidebildungen auf die schmale Zone der inneren Ketten beschränkt, während die oolithischen Kalkbildungen in den äußeren Ketten bis gegen die Molasse vordringen, und als Decke derselben nur noch Flysch erscheint. Westlich vom Thunersee erhebt sich die Gurnigelkette, welche aus Sand- und Kalksteinen besteht, von denen die letzteren den mittleren und oberen Theil des Gebirgszuges zusammensetzen. Dieser Kalk hat sowohl als Gestein, wie auch hinsichtlich seiner Petrefacten die größte Aehnlichkeit mit dem Kalkstein von Wimmis am Ostende der Stockhornkette. Aus den organischen Ueberresten, welche man in beiden

Ketten gefunden hat, geht nun hervor, daß diese Kalksteine, welche weiter nach Südwesten streichen, den obersten jurassischen Schichten angehören. Die Riesenkette zwischen dem Frutiger- und Diemtigerthal, südlich von der Stockhornkette, besteht aus Schiefermergeln, grauen, glimmerführenden Sandsteinen und Conglomeraten, die unter dem Namen Riesensandstein bekannt sind. Derselbe liegt unter dem Wimmiskalk und müßte daher für älter erklärt werden als dieser, wenn nicht die häufige Umkehrung der alpinischen Lagerungsfolge der Einordnung in das geognostische Gebäude oft so große Schwierigkeiten entgegenstellte. Jedenfalls aber gehört auch der Riesensandstein zu den jüngsten secundären Gebilden. Dieselbe Gegend zwischen dem Thuner- und Genfersee wird in einzelnen Thalgründen und auf verschiedenen Höhen vom Flysch, als Decke des Kalkes überlagert. Dieses Gestein, nach einem bernerschen Provinzialnamen so genannt, ist ein in der Regel mit Säuren aufbrausender Schiefer, hellgrau bis schwarz, mürbe bis sehr fest, bald aus fast reiner kohlensaurer Kalkerde bestehend, bald von eigentlichem Thonschiefer nicht verschieden, bald auch durch Aufnahme von Quarzkörnchen in einen sehr festen, innig gemengten, fast homogen erscheinenden Sandstein übergehend. Im Flysch befinden sich Sandstein und Schiefer in häufiger Wechsellagerung und zwischen ihnen erscheinen untergeordnete Lager von Kalk und Kalkbreccie oder Conglomerate. Dieses Gestein ruht im Simmenthal auf einem rothen schiefrigen Kalk, der den Kalk der Stockhornkette überlagert, und füllt im Allgemeinen die zwischen den Kalkketten liegenden Thäler aus, und nur selten sieht man es, wie am Niederhorn im Simmenthal und gegenüber am Hundsrück, an der Grenze gegen Freiburg, bis zur Höhe der Kette hinansteigen; den Hundsrück setzt es übrigens ganz zusammen. Die Flyschschichten haben gewöhnlich dieselbe Stellung, wie der unter ihm liegende Kalk, sie sind an den Thalgehängen gewöhnlich stark geneigt, nehmen in der Thalsohle eine noch aufgerichtetere Stellung an, sind hier häufig ganz vertikal, oft stark wellenförmig gebogen und verwirrt, nirgends haben sie eine horizontale Lage. Manchmal scheint es, als wenn der Flysch gegen die Kalkstraten einfalle und sie unterteufe, plötzlich aber krümmen und biegen sich die Schichten neben dem Kalk hinab und zeigen sich, weit entfernt ihn zu unterteufen, in ihrer weiteren Ausdehnung gehemmt. Diese Verhältnisse zeigen deutlich, daß der Flysch zu den obersten Lagen der Kalkalpen gehört und jedenfalls über der Grenze zwischen der Jura-

und Kreidegruppe steht. — Vom Thunersee westwärts dem Fuß der Riesenkette entlang zieht eine Gypslinie bis Ber im Waadtland, wo sie tief in den Liaskalk eingreift, und setzt jenseits der Rhone in jüngere Kalkgebilde über. Hier, wie anderwärts in den Alpen, erscheint der Gyps stockförmig, bald mächtiger, bald nur in schwachen Spuren, und da er gewöhnlich auf der Grenze zweier Formationen auftritt, so liegt er aus diesem und vielleicht aus einem allgemeineren Grunde in gerader Linie, wie Eruptivgesteine über einer Spalte der Erdrinde. In Frutigen und in Lenk im Obersimmenthal wird der Gyps dieser Linie von bunten Talkschiefern begleitet, die aus grauen und schwarzen Flyschschiefern hervorgegangen sind, obgleich diese Gegenden, weit von krystallinischen Schiefern entfernt, mitten in der Kalkzone liegen, und bei Gsteig tritt ein Conglomerat auf, dessen Cäment von grünen und rothen, stark glänzenden Talkblättern gebildet wird. Es sind also offenbar metamorphische Bildungen, welche diese Gypslinie an mehreren Orten begleiten. In den Alpen sind die Gypsmassen in der Regel nur oberflächliche, öfters zwar bis 100 Fuß mächtige Schalen von Anhydritmassen. Entsteht der Anhydrit, oder der wasserfreie schwefelsaure Kalk, freilich nicht immer durch einen ganz einfachen metamorphischen Prozeß, in Folge von Einwirkung schwefelsaurer Dämpfe auf kohlensauren Kalk, wobei die Kohlensäure ausgetrieben wird, so verwandelt er sich durch Aufnahme von Wasser in Gyps, der aus schwefelsaurem Kalk und Wasser besteht.

Von der Aar bis zum Rheinthal herrschen, mit wenigen Ausnahmen, andere Verhältnisse vor, als zwischen der Aar und der Arve. Die an die Molasse anstoßenden Gebirge sind entweder ganz oder doch vorherrschend aus den verschiedenen Kreidestufen gebildet, und in den inneren Ketten treten theilweise an die Stelle der Kalksteine mächtige Flyschgebirge, oder es wird der Nummulitenkalk vorherrschend. In der östlichen Schweiz wird überdies die Kreidegruppe durch neue Glieder vermehrt, und in Glaris gewinnt der Verrucano, wie Du gesehen hast, eine ungewöhnliche Entwicklung. — Die Nordgrenze des Gneises der Finsteraarhornmasse läßt sich vom Gadmenthal aufwärts, am südlichen Fuß des Titlis vorbei nach den Spanörtern, und über das Reußthal am Südabfall der Windgelle und der Clariden verfolgen. Längs dieser Linie sinkt der Gneis in das Kalkgebirge ein, ohne mehr in größerer Erstreckung über dasselbe überzugreifen. Wir werden also in der mittleren Schweiz hier ungefähr die Grenze zwischen der

nördlichen und der Mittelzone zu ziehen haben. Zu beiden Seiten des in unserer Geschichte klassischen Reußthals bis an den Vierwaldstädtersee gehören die Felsarten der Jura- und Kreidegruppe an, und davon sind die Dolomite und Schiefer wahrscheinlich zur Liasformation, der Kalk zum Dolith und der Sandstein vielleicht zum Neocomien zu rechnen. In diesem Profile zeigen sich nun, wie ich Dir früher geschrieben habe, die Schichtenbiegungen und Windungen in ihrer großartigsten Mannigfaltigkeit. Die Schichten sind oft auf so sonderbare Weise in einander gebogen, daß es nur mit großer Mühe gelingt, ihre ursprüngliche Reihenfolge überall zu erkennen. Es kann gar nicht bezweifelt werden, daß da, wo solche Massen gebogen wurden, der Druck ein enormer gewesen sein muß. Auf die Schwierigkeit der Erklärung dieser Thatsache habe ich schon früher hingedeutet, und sie wird noch vermehrt durch den Umstand, daß das Gestein nicht, wie man vermuthen könnte, überall und gänzlich zerbrochen und dadurch aus allem Zusammenhang der Schichtung gekommen ist, sondern regelmäßige Biegungen zeigt.

In der östlichen Schweiz bestehen die Gebirge des Prättigau aus Kalk und Flysch, von denen der letztere am Nordfuß des Calanda und im Thale von Pfeffers mit Nummulitenkalk abwechselt. Der Flysch besteht hier vorzugsweise aus schwärzlichem Schiefer und setzt als Flyschsandstein nach Glaris über, während der Nummulitenkalk über die Kuhfirsten nach Witthaus streicht. Den Kuhfirsten schräg gegenüber am südlichen Ufer des Wallensees liegt der Mürtschenstock, welcher aus jurassischem Kalk besteht. Im Nummulitenkalk liegen in großer Menge scheibenförmige, vielkammerige Individuen des räthselhaften Geschlechtes Nummulites, die einen Arten beinahe mikroskopisch klein, andere die Größe eines Thalers erreichend, und zwischen diesen Scheibchen, die wie Münzen im Kalke liegen, entdeckt das bewaffnete Auge meist noch große Schaaren von Polythalamien (21. Brief). Dieser Kalkstein, der in enger Verbindung mit den Kreidekalksteinen steht, ist also aus unorganischen und organischen Theilen zusammengesetzt, wie die weiße Kreide. Wir befinden uns hier bei der merkwürdigen Gebirgsgruppe, die ich Dir zu Ende des letzten Briefes näher beschrieben habe. Ueberall in dieser Gegend kehren die nämlichen Verhältnisse wieder, am Hausstock, Kärpfstock, den grauen Hörnern, auf Sardenen, am Ringelkopf und am Abfall des Gebirgs gegen Mels; in der Tiefe schwarze Schiefer und der graue

Sandstein, zuweilen mit Bänken voll Nummuliten, auf der Höhe Quarzit, bunte, meist rothe Schiefer und rothes Conglomerat. Es ist, wie Studer bemerkt, als ob vor der Zerreißung des Bodens das ganze südliche Glaris und ein Theil des anstoßenden Bündtens von einer mächtigen, zusammenhängenden Decke jener räthselhaften Gesteine bedeckt gewesen wäre. Hier haben großartige Metamorphosen stattgefunden und die merkwürdigsten im Gipfel des Kärpfstockes; die bunten Schiefer zeigen gneisähnliche krystallinische Entwicklung, es ist Feldspath, Granat, Epidot ausgeschieden, in einzelnen Felsen tritt ein wahrer Mandelstein hervor, eine violette, mit dichtem Epidot verwachsene Grundmasse mit länglichten durch Kalkspath oder Quarz ausgefüllten Blasenräumen; an anderen Felsen findet ein Uebergang zu Porphyr statt. Bekannt ist der um Matt, Engi, Schwanden anstehende schwarze Glarnerschiefer mit seinen Fischüberresten, welcher am Plattenberg, der beinahe ganz daraus besteht, zu Griffeln, Schreibtafeln, Tischplatten und zur Bedachung der Häuser gebrochen wird. Solcher Dachschiefer findet sich auch in Bern und anderwärts, er ist ausgezeichnet durch ebene Spaltbarkeit und große Festigkeit.

An den Alpenkalk und seine Kreideglieder lehnen sich vom Genfersee der Linie der Vevaise entlang über Bülle, Guggisberg, Entlebuch, Rigi, Speer und Gäbris in Appenzell mächtige Molassebildungen an, in ihren unteren Schichten reich an Nummuliten, darüber gewöhnlich aus einförmigen Sandsteinen und Schiefern mit Fucoiden und mächtigen Conglomeraten bestehend, zuoberst aber mit allerlei kalkigen Einlagerungen. Diese Conglomerate, welche den Provinzialnamen Nagelfluh haben, werden gebildet durch mannigfache Gerölle und Geschiebe, welche durch ein Cäment von mergligem, zuweilen eisenschüssigem Sandstein fest verkittet sind. Die Gerölle sind vorherrschend bald dunkle Kalksteine und harte Sandsteine, bald bunte Granite und Porphyre, und sie sind ihrer Größe nach oft in derselben Schicht so verschieden, daß solche von einem Meter Durchmesser und kleinere bis zur Körnergröße durch einander liegen, gewöhnlich jedoch hält ihre Größe das Mittel zwischen $1^1/_2$ bis 3 Zoll. Die ganze Bildung ist deutlich und meist dick geschichtet und schmiegt sich dem Zug der Alpen an mit oft steiler und gegen den Kalk nicht selten nach unten gebogener Schichtenstellung, als eine Vorstufe von Gebirgs- und Hügelland. Nicht selten findet man größere Nagelfluhgeschiebe mit concaven Eindrücken, welche dadurch ent-

standen sind, daß feste Geschiebe von kleinerem Durchmesser in größere theilweise eingepreßt worden sind, und wir besitzen offenbar auch hierin, wie in den Schichtenbiegungen, einen deutlichen Beweis für die Wirkung ungeheuren Drucks auf die Schichtgesteine unserer Alpen. Diese Nagelfluhmassen müssen von Anfang an einen hohen Wall, eine Aufschüttungskette von zum Theil mehreren tausend Fuß Höhe, gebildet haben, sind dann durch spätere Hebungen zu bedeutender Höhe hinaufgerückt worden, und würden an manchen Orten die hinter ihnen abgelagerten Kalkalpen überragen, wenn sie nicht durch Verwerfungen wieder in ein tieferes Niveau herabgesunken wären (23. Brief).

Ich schließe diese geologische Skizze mit einer Uebersicht der Formationsfolge in den Alpen von oben nach unten, worin der Verrucano unbestimmt gelassen ist.

Meeresmolasse, graue Sandsteine, sandige Schieferthone und Nagelfluh.

Untere Süßwassermolasse.

Kreidegruppe.
- Flysch (Fucoidensandstein und Schiefer).
- Fischschiefer von Glaris, dunkler Thonschiefer mit vielen zum Theil aalartigen Fischabdrücken.
- Nummulitengesteine, Sandsteine und Kalksteine.
- Seewerkalk und andere der Kreide angehörige Kalksteine, z. B. am Säntis.
- Grünsand (Riesensandstein?).
- Spatangenkalk, Kalksteine und Sandsteine am Ralligen, Gurnigel u. s. f.

Juragruppe.
- Oberer Dolith, den Portlandgebilden entsprechend.
- Mittlerer Dolith.
- Unterer Dolith und Lias: Kalk und Schiefer mit durch Quetschung und Streckung zerdrückten Belemniten, dolomitischer Kalkstein; Anhydrit und Gyps und Steinsalz bei Ber, Sandstein und Schiefer mit Anthracitlagern und Pflanzenabdrücken.

Grüne Schiefer, Serpentin und krystallinische Schiefer; Granit.

Siebenundzwanzigster Brief.

Zerstörungen.

In allgemeinen Zügen habe ich Dir in den letzten Briefen die älteste Geschichte der Alpen, ihre Erhebung aus dem Schooße des Meeres, die mannigfaltige Metamorphose ihrer Gesteine, das Werden ihres merkwürdigen, vielgestaltigen Reliefs wenigstens anzudeuten versucht; Du hast dabei Trümmerbildungen kennen gelernt, die wie Palimpsesten des Alpenarchivs erscheinen, indem es eine Zeit gab, wo jene Trümmer selbst noch Gebirge bildeten, eine andere, in welcher sie zerstört wurden, und eine dritte, in welcher sie sich zu neuen Gebirgen zusammensetzten. Damit ist aber die Geschichte der Alpen nicht geschlossen; denn die in einander greifenden Wirkungen der Kräfte der Tiefe und des oberflächlichen Wassers haben sich in die gegenwärtige Natur fortgesetzt, und sind wohl gemäßigt und geschwächt, aber keine wesentlich anderen geworden. Was bei Erdbeben in die zerrissenen Schichten von unten heraufgetrieben werden und umwandelnd wirken mag, die Trümmer, die sich überall am Fuße der heutigen Gebirge anhäufen, die Zerstörungen und Schöpfungen der Gewässer des Landes — alles dieses und anderes ist ein getreues, wenn auch verkleinertes und abgeblaßtes Bild dessen, was von jeher, nur oft nach weit größerem Maßstabe geschehen. Es ist daher ganz natürlich, daß der stolze Bau der Alpen seit seiner letzten Erhebung und damaligen Ausbildung bis auf unsere Tage unter dem Einfluß der nie rastenden Naturwirkung stetsfort zahlreiche Veränderungen erlitten, in denen sich wiederholt hat, was vordem geschehen ist. Die einen dieser Veränderungen, die ich hier im Auge habe und von denen wir etwas wissen, gehören der Gegenwart an und gehen theilweise unmerklich vor unseren Augen vor, andere dagegen, deren Ursachen oft nur das geschärfte Auge des Naturforschers aus ihren hinterlassenen Spuren zu erkennen vermag, müssen in eine frühere Zeit zurückversetzt werden. Diese Veränderungen, von denen ich Dir die wichtigsten anführen will, sind meistens allmälige, auf chemischem oder mechanischem Wege erfolgte Zerstörungen, welche die Alpen unter dem Einfluß von Luft, Wetter und strömendem Wasser, durch Temperaturwechsel, Schnee und Eis u. s. w. erleiden, oder sie sind, allgemein bezeichnet, Wirkungen der Erosion.

Felsgipfel und Bergrücken, welche weder mit Erde noch mit Vegetation bekleidet, daher stets von den zersetzenden Einwirkungen der Atmosphäre umgeben sind, erhalten sich in vielen Fällen nur durch Winde nackt. Das aufgelockerte Verwitterungsproduct, das sie bekleidet, und in welchem die Vegetation Wurzel fassen könnte, wird von dem Winde und von dem mit ihm verbündeten Regen fortgeführt, und der erstere wirbelt oft auch den schützenden Schnee auf und trägt ihn nach tieferen Thalgründen. Von der Heftigkeit der Winde im Gebirg zeugen die wider sie mit schweren Steinen belasteten Dächer der Alpenwohnungen, welche aber öfter gegen stärkere Sturmwinde keinen Schutz gewähren, indem nicht selten Häuser und ganze Wälder der Gewalt derselben unterliegen. Es ist daher begreiflich, daß nicht nur die Außenfläche nackter Felsen von den Winden abgefegt wird, sondern daß auch die Fugen, Ritzen und Klüfte der Gesteine, in welchen sich Staub und Sand gesammelt hat, ihren Inhalt hergeben müssen, wobei dann der vom Winde gepeitschte Regen weitere Nachlese hält. Der auf solche Weise fortgeführte Sand und Staub gelangt, wenn wieder Ruhe in der Atmosphäre eingetreten ist, aus der Höhe zur Tiefe, indem die Luft diesen fremdartigen Gehalt fallen läßt, es bilden sich Sedimente, deren Medium die Luft ist, und die, so gering sie an sich sind, doch im Lauf von Jahrtausenden den Boden, auf welchen sie gefallen sind, erhöhen. Dadurch aber, daß der Wind die nackten Felsen stets rein fegt, arbeitet er gleichsam der Verwitterung in die Hände, indem ihren zersetzenden Wirkungen immer frische Felsflächen bloßgestellt werden.

Nackte Felsflächen werden ferner unmittelbar durch die Atmosphäre, oder durch Kälte, Näße und Trockenheit, durch Thau und Reif, Regen und schmelzenden Schnee, je nach der Felsart, mehr oder weniger, schneller oder langsamer angegriffen. Es ist dies die Erosion durch Verwitterung. Erlaube mir, Dir diesen Hergang an einer einzelnen Felsart, den Feldspathgesteinen, näher zu beschreiben. Du weißt, daß Wasser mit sehr vielen Bestandtheilen der Erdoberfläche engere oder losere Verbindungen eingeht, und wo es der Quantität nach der überwiegende Theil ist, dieselben in sich aufzulösen vermag. In der Regel sind das bereits zusammengesetzte Stoffe. Gewöhnlich erfolgt die Lösung schnell, manchmal aber höchst langsam und in solchen Fällen auf einem Umwege, indem das Wasser mit diesen Stoffen zuerst eine engere chemische Verbindung eingeht, und, nachdem dieselbe bewerkstelligt ist, sie in dem

überschüssigen freien Wasser auflöst. Diese auflösende Kraft des Wassers und der davon abhängige Verwitterungsprozeß der festen Gesteine wird durch die Anwesenheit von freien Säuren in der Luft und im Wasser nachdrücklich unterstützt. In der Luft ist stets eine gewisse Menge Kohlensäure vorhanden, welche, wie die Luft mit ihrem Sauerstoff, vom Wasser absorbirt wird. Die Kohlensäure geht mit den meisten Salzbasen chemische Verbindungen ein, und obgleich sie keine besonders kräftige Säure ist, indem sie durch die anderen Säuren aus ihren meisten Verbindungen ausgetrieben wird, so übt sie nichts desto weniger, als die einzige allgemein vorhandene freie Säure des Luftmeers, einen zerstörenden Einfluß auf sehr viele Gesteine der Erdoberfläche, indem sie ihnen entweder für sich allein oder in Verbindung mit Wasser einen Theil ihres Gehaltes entzieht, so daß sie, in Folge des eingetretenen Substanzverlustes, auseinander fallen und erdige Form annehmen. Betrachte nun die chemische Einwirkung der Kohlensäure und des Wassers auf Feldspathgesteine, wie Granit, Gneis, Syenit, Porphyr u. s. w. Der Feldspath ist ein Doppelsalz (s. 20. Brief, Anm.), zusammengesetzt einerseits aus kieselsaurer Thonerde, und andererseits aus einem kieselsauren Alkali (Kali, Natron, einzeln oder beide zugleich, und Kalkerde). Kohlensäure und Wasser greifen die letztere chemische Verbindung zuerst an, sie zersetzen die Bestandtheile derselben, indem sie aus dem bloßen kieselsauren Alkali eine gewässerte kieselsaure Alkaliverbindung bereiten und diese im überschüssigen Wasser lösen. Ist die Lösung erfolgt, so ist natürlich die ursprüngliche chemische Verbindung des Feldspaths schon zerstört, und somit der Feldspath nicht mehr das, was er war, sondern ein neuer Stoff, der inzwischen auch in seinen zweiten chemischen Bestandtheil Wasser aufgenommen hat, d. h. eine gewässerte kieselsaure Thonerde geworden ist. Sie erhält den Namen Kaolin und ist nichts anderes, als Porzellanerde, wie wir sie in einzelnen Schutthalden unserer Alpen, z. B. auf Davos, antreffen. Das bisher feste Gestein wird also jetzt erdig, weich, saugt als solches Wasser ein, läßt sich fortwaschen und fortspülen, wenn es der Regen trifft, und fließt mit demselben weiter, wenn es an abschüssigen Stellen liegt. Das aufgelöste kieselsaure Alkali dagegen wird chemisch zersetzt und in ein kohlensaures Alkali, oder, wenn es Kalkerde war, in kohlensaure Kalkerde verwandelt, und im Wasser zurückgehalten, bis die Verdunstung oder ein anderer Abscheidungsprozeß im Wasser eintritt. Ist das geschehen, so hat der Feldspath sich in erdige Porzellanerde und in derbe

kohlensaure Kalkerde verwandelt. Indem nun der Feldspath in den krystallinischen Gesteinen mit Quarz, Glimmer, Hornblende und oft auch mit Eisenkies gemengt ist, so nehmen auch diese Mineralien an der Zersetzung und Auflösung Antheil, sie liefern gemischte Zersetzungsproducte, in denen einzelne Stoffe, wie z. B. der Quarz, zwar chemisch unverändert bleiben, aber mechanisch verkleinert zu Sand verkleinert werden können, während andere mit in die Zersetzung eingehen, und als ein unreines Zersetzungsproduct jenes Gemisch von Thonerde, kohlensaurer Kalkerde, kohlensaurem Eisen (Ocher) und Sand geben, welches den Thonboden bildet und Lehm heißt. Auf diese Weise also, durch chemische Wirkung des Wassers und der Kohlensäure, womit sich die mechanische des fallenden und anschlagenden Regens verbindet, verwittern Granit, Syenit, Gneis, Glimmerschiefer, Feldsteinporphyr und andere feldspathhaltende Gesteine. Wo die Producte der Verwitterung an ihrem Stammort liegen bleiben, bilden sie eine schützende Decke, die oft so dick ist, daß nirgends fester Fels hervortritt, und man das Gebirg bis in den innersten Kern für zerstört halten möchte. Die Luft und das atmosphärische Wasser führen also einen ununterbrochenen Zerstörungskrieg gegen die krystallinischen Felsmassen, wo dieselben durch keine Decke von Erde, Pflanzen oder Schnee gegen ihre Angriffe geschützt sind, und die vielen Schutthalden und Schuttkegel am Fuß und an den Abhängen dieser Berge legen dafür hinreichendes Zeugniß ab. Wenn aber diese Zersetzungsproducte durch strömendes Wasser in die tieferen Thalgründe geführt werden, da werden sie zum Segen. Es gibt Pflanzen, die nur auf den unzerkleinerten Felsen sich ansiedeln, andere finden sich nur da, wo die Verwitterung das derbe Gestein zu kleinen Brocken zertheilt hat, wieder andere endlich wachsen nur in dem völlig zu feinem Pulver aufgelösten Gestein im Sand oder in dem noch feinkörnigeren, durch chemische Zersetzung entstandenen Thonboden. Dem Thone stellt sich die aus Zerstörung organischer Stoffe hervorgegangene schwarze Substanz, der Humus, an die Seite; beide reich an auflöslichen, der Vegetation wichtigen Salzen, beide ausgezeichnet in Rücksicht auf ihre Eigenschaft, Gase und Wasserdünste aus der Atmosphäre aufzunehmen und so den Pflanzenwurzeln zuzuführen, bedingen einzeln oder in Verbindung mit einander die üppigste Vegetation. Die atmosphärische Erosion wird durch Schneeschmelzen, durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit, von Wärme und Kälte vielfach unterstützt, theils mittelst chemischer Einwir-

kungen, theils mehr mechanisch, indem Kanten und Ecken abgeschliffen, Spalten und Klüfte, letztere oft bis zu Engpässen erweitert werden. Besonders befördert im Gebirg der Frost die Verwitterung, für sich allein, oder indem er die chemische Einwirkung erleichtert. Das in die Poren und Spalten der Gesteine eingedrungene Wasser dehnt sich beim Gefrieren plötzlich um $^1/_9$ seines Volumens und zwar mit einer solchen Gewalt aus, daß es nicht nur die Oberfläche aufzulockern, stark zerspaltene Kalksteine und Dolomite in eckige Trümmer, Granite und andere körnige Steinarten in Grus, Sandsteine in Sand zu verwandeln vermag, sondern daß dadurch auch größere Felsmassen, wie durch Pulver, gesprengt werden; der größte Theil der Trümmer, welche am Fuß der Felswände sich fortwährend anhäufen, ist nur durch Frost vom Stammfels abgetrennt. Unter den Gefahren des Hochgebirgs ist daher das Herabfallen dieser Felstrümmer mit Recht gefürchtet, und beim Uebergang über die Wengernalp z. B., auf dem Gebirgsweg von Lauterbrunnen nach Grindelwald, ist an der Felswand des Eiger Vorsicht sehr zu empfehlen.

Laß mich nun zu dem Gesagten einige Beispiele hinzufügen. Der einer Flyschkette aufgelagerte, wohl bis 1000 Fuß hohe Kamm von Gravesalvas, welcher den Silsersee vom Julier trennt, ist ein felsiger Kamm, worin Granit, Syenit, Diorit und verwandte Gesteine wunderbar in einander verflochten, und die in fortdauernder Zerstörung begriffen sind, so daß an einzelnen Stellen dieser Damm bis auf die Grundlage durchbrochen ist und nur ein Ueberrest von Syenitblöcken und die ausgedehnten Trümmerhalden an beiden Abhängen über seine frühere ununterbrochene Erstreckung belehren. Allein nicht blos auf Feldspathgesteine übt die atmosphärische Erosion ihren zerstörenden Einfluß aus, sondern eben so sehr auch auf Kalk, Schiefer und Sandsteine. In manchen Gegenden, deren Boden aus Flysch, Sandstein oder Schiefer besteht, ragen Kuppen von Diorit, Serpentin, Quarzfels, Kalkstein Hunderte von Fußen an Abhängen oder auf Hochflächen aus dem Boden hervor, und es unterliegt keinem Zweifel, daß in einer früheren Zeit die leichter zerstörbaren Gesteine des Bodens jene Kuppen umschlossen haben, welche in ihnen stockförmige Massen und Einlagerungen bildeten. Solche Kalkkuppen kommen in der ganzen Ausdehnung der Kalk- und Flyschalpen gar nicht selten vor; so der Pfaffenstock im oberen Simmenthal, der früher von Gyps umschlossen war; die Dioritkuppe des Hörnli bei

Erosa, deren ich in der geognostischen Beschreibung der Mittelzone erwähnte, ist erst durch das Verschwinden ihrer Sand- und Schieferumgebung sichtbar geworden; hinten im Valserthal in Graubündten erhebt sich ganz isolirt auf einer breiten Hochfläche das Großhorn als ein unersteiglicher Felsstock gegen 1000 Fuß hoch, indem er von Zerfreila wie ein gigantischer Zahn gegen Süden ansteigt, und es ist augenscheinlich, daß der Talkflysch, welcher jene Hochfläche bildet, oder eine andere Steinart den von ihr umhüllten Stock entblößte, indem sie nach und nach um den ganzen Betrag jener Höhe durch Erosion zerstört wurde. So sind mächtige Formationen durch langsame Verwitterung um Hunderte von Fußen erniedrigt worden, oder bis auf wenige Spuren verschwunden. An den Quellen der großen Emme erhebt sich der Hohgant, der aus Kalk besteht, welcher mehrere hundert Fuß hoch von einem sehr zerstörbaren Quarzsandstein bedeckt wird; auf dem östlich angrenzenden Schratten sind von diesem Sandstein nur noch einzelne Trümmer vorhanden, die an seinem früheren Vorkommen hier keinen Zweifel übrig lassen, der gefurchte Kalk bildet allein die Oberfläche, so daß die Schrattenkette also um die Mächtigkeit, die der Sandstein auf dem Hohgant erreicht, erniedrigt worden ist. — Es wird ferner die Oberfläche der Felsen durch die Erosion mannigfach geformt, wenn die verschiedenen Bestandtheile, aus denen sie bestehen, der atmosphärischen Einwirkung einen ungleichen Widerstand entgegensetzen. So sind Serpentinflächen, aus denen die scharfen Diallagkrystalle hervorragen, oft schneidend rauh; manche Conglomerate, deren Gerölle oder Blöcke durch ein feinkörniges, härteres Cäment von Kalk- und Quarzkörnern verkittet sind, erscheinen oft so ausgewaschen, daß das Cäment fußhoch hervorragt. Flächen von dichtem Kalkstein mit vollkommen gleichem Korn werden zwar häufig gleichförmig abgewaschen, sind aber Kalksteine, wie dies sehr oft der Fall ist, in Beziehung auf Härte und Lösbarkeit ungleich in ihren Bestandtheilen, so bilden sich in denselben Rinnen und Furchen, die sich immer mehr erweitern und vertiefen, weil das atmosphärische Wasser, das sich in sie wirft, diese Kanäle immer mehr auswäscht. Kalkflächen, welche auf diese Weise durchfurcht sind, heißen Karren- oder Schrattenfelder, die im höheren und niederen Gebirge häufig vorkommen. Ein großes Karrenfeld ist auf Silbern im Kanton Schwyz, ein anderes auf dem genannten Schratten, auf welchem die Erosion auch den Sandstein zerstört hat, der auf dem benachbarten Hohgant noch erhalten ist.

Solche Fälle, in welchen die Erosion von den Felsarten benachbarter Gebirge abgehalten wird, oder zerstörend wirkt, sind häufig, und die Bedingungen für das eine wie das andere mannigfach und oft schwer zu beurtheilen. Die einen Kalkstein- und Granitarten leisten großen Widerstand, andere werden in nicht langer Zeit bis auf den innersten Kern zersetzt, die einen Schwefelkiese verwittern sehr leicht, andere kaum je, und ähnliche Differenzen scheinen auch zwischen den verschiedenen Glimmer- und Feldspatharten zu bestehen. Unstreitig sind hier der Aggregatszustand und die chemische Beschaffenheit von wesentlichem Einfluß, und außerdem mögen noch andere Ursachen dabei thätig sein. — Verhältnisse eigenthümlicher Art zeigen die Erdpyramiden oder Erdpfeiler, sonderbare Bildungen, wie sie bei Usegne gegenüber Sitten, im Einfischthal und in anderen Alpenthälern vorkommen. Sie befinden sich an Berghalden, die mit zusammengeschlemmtem, aus Verwitterung hervorgegangenem Lehm bedeckt sind. Die Pfeiler von Usegne erreichen 50 bis 80 Fuß Höhe, tragen auf ihren Spitzen Steinblöcke, von denen die größten 12 bis 18 Fuß im Durchmesser haben und sind, wie alle solche Erdpfeiler, auf folgende Art entstanden. Wo die abhängige Lehmdecke nicht mit Vegetation überwachsen war, da wirkten Regenströme zerstörend auf sie ein und rissen kleine Theile mit sich fort. Nur wo Steinblöcke lagen, waren die unter ihnen befindlichen Lehmmassen geschützt, und indem der Regen den nicht auf solche Weise gedeckten Lehm immer tiefer auswusch, wuchsen jene zu Pfeilern heran und blieben stehen. Fallen solche Steine herab, so beginnt der Regen sein Zerstörungswerk auch an dem Pfeiler, indem er ihn zuspitzt und auf diese Art immer mehr verkürzt. So kommt es, daß neben größeren Pfeilern mit Steinen spitze und kürzere stehen, die nach und nach verschwinden, während vielleicht daneben wieder neue ausgewaschen werden. Die Steine auf den höchsten Pfeilern lagen offenbar einst auf der Oberfläche der Lehmdecke; kann nun berechnet werden, wie viel Zeit durchschnittlich erforderlich ist, damit 1 Fuß der Lehmdecke durch Regen weggeführt werde, so hat man das Maß für die Zeit, welche die Erosion gebrauchte, um den Lehm 80 Fuß tief zu zerstören.

Wer mit einiger Aufmerksamkeit die Alpen durchreist, unterscheidet leicht die Wirkungen einer älteren und einer jüngeren Erosion. Zu den letzteren gehören die durch fortdauernde Zerstörung des zerspaltenen Gesteins und durch ununterbrochenes Herabfallen von Trümmern stets frisch

erhaltenen Schutthalden der Kalk- und Dolomitalpen, die besonders in Bündten an einigen Stellen ein schauerliches Bild der Verwüstung darbieten; wir werden sie auch da finden, wo das Gebirg überhaupt einen felsigen, rauhen Charakter trägt, wo keine Vegetation sich zeigt, weil die noch wirkende Erosion keine bleibende Lage von Dammerde zuläßt, überhaupt an allen Orten, wo die Zerstörung noch im Fortschritt begriffen ist, wo jedes Hochgewitter oder ein schnelles Abschmelzen des Firns und der Gletscher jetzt noch bedeutende Veränderungen hervorbringt, wo sich neue Felsbrüche und Schluchten bilden und die zerrissenen Formen den Umsturz drohen. Hätte die Erosion an solchen Orten seit undenkbar alten Zeiten so gewirkt, wie wir sie jetzt noch thätig sehen, es wäre längst schon Alles verflacht und ein Zustand größerer Ruhe eingetreten. Wo hingegen der Fels durch eine bedeutende Decke von Verwitterungsproducten geschützt wurde, da stellte sich auch die Vegetation ein und verhinderte durch ihr Wurzelgeflecht das Fortschwemmen der Dammerde. An anderen Orten sieht man an verwitterten und nackten Felswänden junges Buschwerk und andere Pflanzen von Jahr zu Jahr immer mehr Wurzel fassen, und überzeugt sich, daß die Bedingungen, unter denen die Erosion hier früher zerstörend gewirkt, nicht mehr vorhanden sind. In solchen Fällen ist entweder die Erosion als abgeschlossen zu betrachten, oder es ist wenigstens ein Ruhestand eingetreten. Ob eine solche Ruhe eine bleibende oder nur vorübergehende sei, hängt oft von rein äußerlichen Umständen ab. Verändert aus irgend einer Ursache der Thalbach seinen Lauf, so kann die Folge davon die Untergrabung eines Gebirgsfußes sein, welche Bergschlipfe und andere Zerstörungen nach sich zieht; Verminderung des Holzstandes durch Waldbrände oder unvorsichtiges Abschlagen der Wälder, oder eine Reihe ungünstiger Jahre können für ganze Gebirgsketten und die zugehörigen Thäler Zerstörungen verursachen, deren Ende nicht abzusehen ist.

Aus den wenigen Beispielen, die ich Dir oben angeführt habe, wirst Du leicht die Ueberzeugung gewinnen, daß die gegenwärtigen Umrisse der Gipfel und Gebirgskämme hauptsächlich auf eine so bedeutende Erosion zurückgeführt werden müssen, wie sie in den Alpen von jeher thätig war. Je nach dem größeren oder geringeren Wechsel der Steinart sind diese Umrisse bald geradlinig und einförmig, bald vielgestaltig, und bilden in letzterem Falle mannigfach geformte, durch tiefere Einschnitte getrennte Stöcke und Hörner. Auch im gefrorenen Zu-

stande übt das Wasser einen zerstörenden Einfluß aus. Beträchtliche Schneemassen, welche über Felswände oder Gebirgsabhänge hinabstürzen, sind die uns von Kindheit an bekannten Lauwinen, die, je nachdem die Schneemasse mehr fällt als rutscht und dadurch im Fallen theilweise zerstäubt, oder längs dem Bergabhange mehr herabgleitet, Staub- oder Grundlauwinen heißen. Die ersteren entstehen gewöhnlich nach reichlichem Schneefall und das ganze Jahr hindurch, weil es auch im Sommer in den Alpen oft schneit, und zwar dadurch, daß der durch Adhäsion an steilen Gehängen haftende Schnee sich plötzlich losreißt; die letzteren entstehen bei Thauwetter, wenn die am Grunde eines Abhanges angefrorene Schneedecke, vom Regen durchweicht, sich lostrennt, in Bewegung setzt und herabgleitet. Der Frühling, wo überhaupt in den Alpen die meisten Schneemassen angehäuft sind und das Thauwetter eintritt, ist die vornehmste Jahreszeit für diese Lauwinen, und das mit Regen, Wärme und Sturm wechselnde Wetter bringt alsdann die meisten und schlimmsten Schneestürze hervor, die jedoch oft an bestimmte Oertlichkeiten gebunden sind. Die Lauwinen bestehen nun nicht immer aus Schnee allein; denn die Last und der durch die Bewegung erzeugte Stoß entwurzelt Bäume und reißt ältere Schutthalden weg. Auf diese Weise werden große Trümmermassen jeder Art fortgewälzt und in der Tiefe angehäuft, wo sie als Schuttkegel liegen bleiben. Die Zerstörung durch Lauwinen wird oft noch durch den Wind, den ihr Fall erzeugt, vergrößert. Ist die stürzende Schneemasse sehr beträchtlich, so wird die durch sie hervorgebrachte Luftbewegung sturmesgleich und bringt allem Lebendigen, was in ihrem Bereich ist, Verderben. Eine im Frühling 1847 vom Rothhorn bei Brienz herabstürzende Lauwine war von einem Winde begleitet, welcher 2000 Tannenbäume und am Fuß des Berges gegen 200 Wallnuß- und Kirschbäume umwarf. In den Hochthälern der Alpen entstehen bisweilen durch das Abstürzen von Gletschern über Felsabhänge Eislauwinen, die den ausfließenden Gletscherbach dämmen können, bis dann die Wassermasse, den Eisdamm durchbrechend, unsägliches Elend über das darunter befindliche Thal verbreitet. Im Jahr 1818 bildete der Giedrozgletscher des Bagnethals in Unterwallis einen solchen Eisdamm und sperrte der Dranse den Abfluß; man trieb einen Kanal durch das Eis, die Wassermasse floß eine Zeit lang dadurch ab, riß dann aber nicht blos den Damm zusammen, sondern wälzte Alles mit einander fort, Verderben und Graus durch das ganze Thal

bis zur Rhone verbreitend, wo sie einen großen Theil ihres Geschiebes ablagerte. Es ist dies keineswegs das einzige Beispiel eines solchen Ereignisses in den Alpen. Derselbe Giedrozgletscher hatte schon im J. 1595 durch sein Herabstürzen von der Felswand des Mont Pleureur ähnliche verheerende Wirkungen gehabt, und in anderen Thälern von Wallis haben verschiedene Gletscher durch Aufstauen von Seen ganz gleiche Ereignisse herbeigeführt. Solche Gletscherstürze können ebenfalls verheerende Windstöße erzeugen. Im Nicolaithal im Wallis stürzte im December 1819 der Weißhorngletscher herunter und zerstörte durch den dadurch hervorgebrachten Windstoß das gegenüber liegende, eine halbe Stunde entfernte Dorf Randa; die stärksten Lärchenstämme wurden entwurzelt, Häuser bis an die Keller abgerissen und das Holz über eine Viertelstunde weit über das Dorf hinausgetragen. — Wenn Du Dich noch erinnerst, was ich Dir über die Wirkungen der Gletscher auf die felsige Grundlage, über die sie sich bewegen, geschrieben habe, so kennst Du auch die Ursache der Erosion durch Gletscher, welche sich in gerundeten, geglätteten und parallel gefurchten Felsen zeigt, die auf's Bestimmteste von der Erosion durch Gewässer sich unterscheiden. Solche Eisschliffe, denen unter den jetzigen Gletschern ganz gleich, sieht man am deutlichsten an Stellen, die von Gletschern auch jetzt noch bei starkem Anwachsen erreicht werden können; aber sie kommen in den Alpen auch in viel größerer Entfernung vor. Entfernt man sich von den Gletschern stundenweit thalabwärts, wo sie durch Thalwendungen dem Blicke entzogen sind, so ist man noch immer von den unzweideutigsten Spuren der Gletschererosion umgeben, oft in Entfernungen von zwölf und mehr Stunden. Wo Thäler in Schiefer eingeschnitten sind, darf man sie natürlich nicht suchen, und wird sie auch da nicht finden, wo sich eine üppige Vegetation über die Bergabhänge verbreitet hat; dessenungeachtet kommen sie in einer Menge von Thälern vor, in Bündten, Tessin, Uri, Wallis und im Berner-Oberland. Kaum hat man z. B. den Paß des Julier erreicht, so zeigen sich auch sogleich die deutlichsten Spuren der Gletscherwirkung, indem abgerundete, geschliffene und geritzte Oberflächen beinahe an jedem Felsen des Thales zu erkennen sind, und diese Erscheinung setzt ohne Unterbrechung bis nach Stalla fort; sechs Stunden vom Rheinwaldgletscher entfernt kommen Gletscherschliffe in der Felsenge der Roffla und am Ausgang von Avers vor; im Reußthal, wo man aus dem Gebiete des gebogenen und gekrümmten Kalksteins in das-

jenige des Gneises eintritt, sieht man bis zum Gotthard überall Spuren alter Gletscher, gerundete, geschliffene und geritzte Felsen bis zu zwei- und dreitausend Fuß über dem Thalboden, und hierauf zackige Spitzen, im Thalgrund selbst aber Ueberreste alter Gandecken; diese Erscheinung wiederholt sich in fast allen Seitenthälern des Wallis, und im Hauptthale selbst, das in Schiefer eingeschnitten ist, an der Pissevache, kommen Schliffflächen vor, und zunächst bei Bex trichterförmige Löcher im Kalkstein, wie sie auf dem Felsgrund der Gletscher durch Sturzbäche eingenagt werden. Am auffallendsten und zugleich großartigsten stellt sich die Erscheinung auf der Grimsel dar, und verliert sich nicht bis fast nach Meyringen hinunter. Deutlicher und schärfer zeigt sich der Unterschied zwischen den durch Gletschererosion umgestalteten Felsoberflächen und den nie von Gletschern berührten nirgends, als in der nächsten Umgebung der Grimsel. Der Spithal (5880 F. ü. M.) ist von ausgezeichneten Rundhöckern und geritzten Felsflächen umgeben, die sich nach den vergletscherten Thälern und nach dem Aargrund ausdehnen, alle Felswände sind bis zu einer Höhe von etwa 1000 Fuß über dem Thal gerundet, geglättet, oft blank geschliffen und von parallelen Furchen und Ritzen durchzogen. Die obere Grenze dieser geschliffenen Flächen ist in der Richtung des Thalbodens, aber nicht so stark als er selbst, geneigt, weshalb ihr Abstand von demselben immer größer wird und bei Guttannen gegen 3000 Fuß über der Aar liegt. Die Felsart ist überall vom Grund bis auf die höchsten Kämme Gneis mit vertikaler Stratification; aber die geschliffenen Felsen sind von den scharfkantigen Gneistafeln in einer beinahe horizontalen Linie so deutlich abgeschnitten, daß man meinen möchte, die schiefrigen, eckigen, zackigen Felsen und Gräte, welche sich über diese Grenze erheben, beständen aus einer anderen Felsart, als die tieferen geglätteten Flächen, welche mit ihren conver gerundeten Buckeln massig aussehen, und doch bestehen auch sie aus Gneis, der ohne Trennung in den oberen Gneis fortsetzt. Es bezeichnet aber diese Grenzlinie lediglich die Höhe, bis zu welcher in früherer Zeit sich die Gletscher erhoben und die Felswände polirt haben. Diese Verhältnisse lassen sich das ganze Thal abwärts verfolgen, und nicht nur so weit, als die Gehänge aus festem krystallinischen Gestein bestehen, welches einer solchen Bearbeitung vorzugsweise fähig war, und die Wirkungen davon allerdings am deutlichsten zeigt, sondern auch am Ausgang des Urbachthales und am Kalk des Kirchet fehlen sie

nicht, und treffen hier, im Thale von Meyringen, mit einer alten Gandecke zusammen. Es ist unläugbar, daß das ganze Thal hinab eine Ursache gewirkt haben muß, welche die Felsen abrundete, glättete und ritzte, und es kann dieselbe nicht Wasser gewesen sein, weil die Erosion der Gewässer nicht conver, sondern concav gerundete, Schüssel ähnliche Formen erzeugt, oder an geneigten Flächen Furchen, die dem stärksten Falle folgen; sondern es müssen Gletscher gewesen sein, deren Wirkungen diese Thatsachen am einfachsten und der Natur am besten entsprechend erklären. Diese Erklärung findet eine weitere Bestätigung in dem Vorkommen der erwähnten alten Gandecke im Thale von Meyringen und in dem Umstande, daß hier und da, am häufigsten an der oberen Grenze der Abrundung, oft in den gefährlichsten Stellungen Felsblöcke liegen, die weder durch Wasser noch durch Herabstürzen dahin versetzt, sondern nur durch Gletscher abgelagert worden sein konnten.

Das atmosphärische Wasser beschränkt seine auflösende Wirkung nicht nur auf die Oberfläche, sondern setzt seine Thätigkeit, wenn es in den Boden eingedrungen ist, auch im Inneren fort, wo seine Zerstörung rasch fortschreiten kann, wenn es in lockern, leicht aufzuweichenden Boden eindringt. Bekanntlich lösen sich in diesem Falle an steileren Gehängen ganze Massen, die am Fuße des Abhanges einen Schuttkegel bilden. Solche Bergschlipfe entstehen gerne bei weit fortsetzenden Spalten, oder bei schiefriger Schichtenlage, wo über die unteren die oberen Schichtenmassen herabgleiten. Wird durch unterirdische Erosion der Boden unterhöhlt, so daß die Decke ihre Last nicht mehr zu tragen vermag, oder gestattet bei geneigter Schichtenlage die oberste Schicht dem Wasser den Durchgang bis zu einer darunter liegenden, welche vielleicht eher zerstörbar ist als die obere, so entstehen, unter dem Hinzutritt der Wirksamkeit der Schwere, Bergstürze, indem große Felsmassen, die sich im Losreißen und durch den Fall zertrümmern, plötzlich in den Thalgrund stürzen. Bergschlipfe und Bergstürze, von denen die ersteren vorzugsweise ein Rutschen auf geneigter Ebene sind, während bei den letzteren mehr der freie Fall vorherrscht, üben auf die Bodengestalt nur einen beschränkten Einfluß aus, sind aber in einzelnen Fällen, besonders die Bergstürze, oft schreckbar zerstörend, indem durch sie nicht nur fruchtbare Landschaften zur öden, schauerlichen Wüste umgewandelt, ganze Dörfer unter ihrem Steingehäuf begraben werden, sondern auch Bäche und Flüsse in ihrem Lauf durch Verschließung der Thalausgänge unterbrochen und dadurch

oft Thäler in Seen verwandelt werden, die, wenn sie den Schuttdamm durchbrechen, die ganze vorliegende Landschaft überfluthen. Ein Felssturz staute im Jahr 1512 am Eingang des Blegnothales in Tessin die Gewässer des Blegno zu einem See auf; im Mai 1515 durchbrach das Wasser den Schuttdamm, riß Alles nieder und drohte selbst Bellinzona den Untergang. Keine Felsart ist vor Bergstürzen gesichert. Von der Tour d'Ay rissen sich im Jahr 562 Kalkfelsen los, und dieses Ereigniß erneuerte sich an demselben Berge am 4. März 1584, so daß der Theil des Einsturzes, auf welchem das Dorf Corbieres lag, sammt diesem auf das Dorf Yvorne bei Aigle fiel und dieses unter Trümmern begrub; am 4. September 1618 wurde Plurs bei Chiavenna durch Chlorit- und Gneisgesteine verschüttet; von den Diablerets stürzten Kalk- und Sandsteinfelsen herunter, zuerst im J. 1714 der westliche Theil der Felsenspitze, und im J. 1749 erfolgte an demselben Fels wieder ein Einsturz, dessen Trümmer die Liserne in ihrem Lauf hemmten und den See Derborence hervorbrachten; vom Roßberg trennte sich am 2. Sept. 1806 die Nagelfluhbekleidung ab und verschüttete Goldau und seine Umgebung, was in lebendigem Andenken unserer Zeitgenossen ist; Glimmerschiefer stürzte 1808 oberhalb Tirano im Veltlin herab, und die Dolomitfelsen bei Feldsberg am Calanda sind noch immer im Zerspalten, Zerbröckeln und Herabstürzen begriffen. Beachtenswerth ist, daß die Schutthalden stets unbekleidet und nackt bleiben, während die durch Bergstürze entstandenen Gestein- und Trümmerfelder bald wieder mit Vegetation bekleidet sind. Es erklärt sich dies daraus; daß die Schutthalden stets mit wenig Unterbrechung, obgleich langsam anwachsen, während bei den Steinwüsten der Bergstürze dies nicht der Fall ist; auf dem nackten Gestein bildet sich, wo es mit der Luft in Berührung ist, ein Gewebe sammetartiger Fasern, gleich farbigem Flecke, allmälig dunkler werdend und die Grundlage zu einer neuen Schicht des organischen Gewebes darbietend. Wo jetzt hohe Waldbäume stehen, da überzogen einst zarte Flechten das erdenlose Gestein. Der Schutt von Goldau ist daher größtentheils schon überwachsen, und auf den Massen, welche Plurs zudecken, steht ein schöner Kastanienwald. Wo wir zerrissene Thalwände und Berggipfel, oder Kegel- und Haldenformen antreffen, wie z. B. an dem mit Waldung, Feldern, Baumgärten und Weinbergen bekleideten Lürlibad am westlichen Fuß des Montelün bei Chur, da dürfen wir auf ähnliche

Ereigniſſe, wie die angeführten, ſchließen, deren Entſtehung längſt vergeſſen iſt.

Aus meinen früheren Mittheilungen (23. Brief) haſt Du erſehen, daß die Bildung der Thäler verſchiedenen Urſachen und meiſt den complicirten Wirkungen mehrerer derſelben zugeſchrieben werden muß. Einen großen Antheil an derſelben nimmt die Eroſion, indem entweder durch atmoſphäriſches oder durch das ſtrömende Waſſer der Bäche und Flüſſe der Thalgrund aufgelöſt, ausgewaſchen und fortgeſchwemmt wird. Ich beſchränke mich hier auf den Einfluß, den die Hydrometeore auf die Thalbildung ausüben, und behalte mir vor, Dir von der Wirkſamkeit des ſtrömenden Waſſers, welche diejenige der Hydrometeore ſtets ſecundirt, ſpäter Mehreres mitzutheilen. Oft beſtehen die Thalwände aus feſtem, widerſtandskräftigem Geſtein, während ihr Fuß und die Thalwände ſelbſt aus leichter zerſtörbaren Felsarten zuſammengeſetzt ſind, die nicht als eine jüngere Thalausfüllung angeſehen werden können. Wenn nun die letzteren zerſtört worden ſind, ſo folgt daraus, daß größtentheils nur dadurch das Thal entſtanden iſt. Wie Du weißt (26. Brief), beſteht der Thalboden mehrerer Alpenthäler aus leicht verwitterndem Flyſch, deſſen Straten, wie z. B. im Simmenthal, vertikal ſtehen, während die Kalkſteinſchichten der Thalwände dem Thalboden zufallen. Der Flyſch iſt aber offenbar durch Eroſion zerſtört und abgetragen, das Thal daher zum größten Theil auf dieſe Weiſe gebildet worden. Du wirſt Dich von der Richtigkeit dieſer Anſicht um ſo eher überzeugen, wenn Du folgende Verhältniſſe berückſichtigſt. Die Eingänge zu vielen Thälern ſind Engpäſſe, welche in feſteren Fels eingeſchnitten ſind und dem Thalwaſſer kaum einen Ausgang geſtatten; aber hinter denſelben folgt eine weichere, leichter zerſtörbare Felsart, und dort iſt es auch, wo das Thal anfängt ſich zu erweitern und zu verzweigen. Unverkennbar iſt alſo die Bildung ſolcher Thäler ein Werk der Auswaſchung, welche im Verhältniß des geringeren Widerſtandes gewirkt hat, mit minderem Erfolg, wo, wie am Thalausgang, die Steinart feſt und hart iſt, mit weit größerem dagegen, wo ſie weicher und zerſtörbarer iſt. Daher kommt es, daß ſich manche Thäler in den Alpen unmittelbar hinter ihren Engpäſſen erweitern, in denen man nicht erwarten würde, oft nach wenigen hundert Schritten ein größeres Alpenthal betreten zu haben. Zu den Eroſionsthälern, welche ganz oder theilweiſe in Flyſch eingeſchnitten ſind, gehören das ſchon erwähnte Simmenthal, das Einfiſch- und

Turtmannthal in Wallis, Prättigau, Erosa und Faller in Bündten; in den Thälern Betretto und Canaria im Tessin, im Binnenthal im Wallis, in den Thälern des Avançon und der Gryonne im Waadtland und in dem Thale zwischen Adelboden und Frutigen im Berner-Oberland ist die Thalbildung durch Zerstörung von Gyps- und Dolomitmassen veranlaßt worden. In allen diesen Thälern hat also die Erosion durch Zerstörung leicht verwitternder Felsarten den Menschen neue Wohnsitze im Alpengebirg bereitet, und hat sich hier von jeher, wie überhaupt, so auch in Beziehung auf Thalbildung viel stärker und eingreifender gezeigt, als im Jura, wo ganze Ketten und größere Thäler kaum schwache Spuren derselben zeigen; aber während sie in vielen Gegenden der Alpen in vollster, ununterbrochener Thätigkeit ist, als ob sie erst begonnen hätte, so kann in anderen, wo ein Ruhestand eingetreten ist, ihre frühere Wirksamkeit nur aus ihren hinterlassenen Spuren vergleichend erschlossen werden.

Achtundzwanzigster Brief.

Thalsysteme der Alpen.

In den Alpen wiederholen sich die Erscheinungen der Polarwelt, einzelne Räume sind sogar wahre Einöden und Schreckniße; dennoch werden sie in dem größten Vorzug, den Gebirge haben können, die Heimath für Menschen zu sein, von keinem anderen Gebirg der Erde übertroffen. Denn einerseits bringen sie überall in den zahlreichen Thälern, von denen sie durchzogen sind, die dem Menschen bedürftigen Gaben der Natur hervor, andererseits sind diese Thäler nicht von einander abgeschlossen, sondern zu verschiedenen Thalsystemen vereinigt, in denen allen volle Communication ist; alle Seitenthäler eines Systems sind gegen das Hauptthal geöffnet, das zur gemeinsamen, bequemen Verbindungsstraße für alle wird, und von einem System in das andere führen theils über die Gebirgskämme, theils durch Querthäler oder über Längen- und Querjoche Päße und Straßen, von denen die letzteren das ganze Jahr dem Verkehre geöffnet sind.

Solcher Thalsysteme zählen wir in unseren Alpen sechs, wenn wir das Engadin unberücksichtigt lassen: Das Thalsystem von Wallis mit dem Längenthal der Rhone, 53 bis 54 Seitenthälern in Wallis und Waadt und dem Genfersee; das Thalsystem der Aar auf dem Nordabhang der Berner-Alpen, mit dem Hauptthal der Aar, dem Brienzer- und Thunersee und 15 bis 16 bedeutendern Seitenthälern, von denen die beträchtlichern zwischen den verschiedenen Ausläufern der Berner-Alpen liegen; das Thalsystem des Tessin mit dem Langen- und Luganersee, welches ganz auf dem Südabhang der Alpen liegt, hat zu seinem Hauptthal das gleichnamige Querthal, zu dem sechszehn bedeutendere Thäler des Kantons und die zwei bündnerschen Thäler Misocco und Calanca gehören; das Thalsystem der Reuß, welches das Haupt- und Querthal der Reuß mit zwölf bedeutenderen Seitenthälern in Uri, Unterwalden, einem Theile von Schwyz und Luzern umfaßt, und zu dem der Vierwaldstätter-, Lowerzer-, Lungern- und Sarnersee gehören; das Thalsystem der Linth mit dem gleichnamigen Querthal, dessen Seitenthäler das Sernf- und Klönthal, das Seezthal mit seinen Seitenthälern und dem Wallensee und das Wäggithal in Schwyz sind; endlich das Thalsystem des Rheins, zu dem ganz Bündten nördlich vom Engadin und Bergell und ein Theil von St. Gallen mit dem Bodensee gehören. Es besteht aus zwei vereinigten Systemen, in denen das Längenthal des Vorderrheins und das Querthal des Hinterrheins die Hauptthäler sind, zu denen achtzehn größere und eine sehr beträchtliche Anzahl kleinerer Thäler gehören.

Die Hauptthäler dieser sechs Thalsysteme sind Längen- und Querthäler, und obgleich einzelne Theile der Querthäler ursprünglich durch Zerreißung des Schichtenverbandes entstanden sind, so haben doch offenbar Süßwasserströme an ihrer Auswaschung sowohl als an derjenigen der Längenthäler lange Zeit hindurch und mehrfach abwechselnd gearbeitet. Dies beweisen die Flußgeschiebe, welche sich in denselben oft in allen Höhen finden, die zuweilen beträchtliche Böschung der Thalwände, das tiefere Niveau dieser Thäler im Vergleich zu dem der Seitenthäler, die ebenfalls meistentheils Stromthäler sind, endlich die Terrassen in den Abhängen und Einbiegungen, welche auf veränderten Wasserstand und wechselnde Strömung schließen lassen. Nicht vorübergehende allgemeine Fluthen oder Unterströme einer stehenden Wasserbedeckung haben also diesen Thälern ihre jetzige Gestalt gegeben, sondern sie sind zum größten

Theil das Werk einer dauernden Erosion, wenn schon ihre Ausdehnung mit der Kraft der jetzt darin fließenden Ströme in keinem Verhältniß zu stehen scheint. Die zwei Längenthäler steigen an ihren Enden auf die Querjoche und die Fläche des Gebirgsknotens des Gotthard und verbinden sich an ihrem Ausgang mit zwei nordwärts gerichteten Querthälern, durch welche die Communication mit dem Mittelland eröffnet ist. Die Thalwände sind meistens bewachsen, der Thalgrund, öfters breit, ist mit jüngeren Strombildungen bis in unbekannte Tiefe bedeckt, und die Ströme, welche Flußinseln und unstete Ufer bilden, sind in ihrem Laufe selten unterbrochen. Sie steigen aus einem Niveau von 1400 und 1800 Fuß bis zu einer Höhe von 4000 F. ü. M. an ihrem oberen Ende auf. Längen- und Querthäler erheben sich stufenartig in ihr höchstes Niveau, doch treten diese Absätze vorzugsweise deutlich in den Querthälern hervor. An ihrem unteren Ende zieht sich der Boden meist eine Strecke weit fast wagrecht hin, alsdann aber treten die Thalwände oft steil und prallig nahe an einander, der Boden steigt mit starkem Gefälle in die Höhe und der Thalstrom stürzt in engem, tiefem Bett zwischen Felsen dahin. Solche Thalverengungen bilden den stufenförmigen Uebergang zu einem höheren Theile des Thales, wo sich der mit jüngeren Strombildungen ausgefüllte Boden wieder, wie zuvor, fast wagrecht hinzieht und das Thal manchmal selbst wieder eine mehr oder minder große Weitung bildet. Die Querthäler zeigen gewöhnlich mehrere solcher Stufen und in der Regel nimmt das Zusammentreten der Thalwände an den steil geneigten Thalstrecken das Aussehen einer Spalte an, die den Felsen durchschneidet, obgleich sie das Werk einer viele Jahrhunderte dauernden Erosion ist. Eine der merkwürdigsten und schauerlichsten Querspalten dieser Art ist die fast zwei Stunden lange Via mala im Hinterrheinthal. Es ist natürlich, daß diese stufenartige Bodengestaltung sich auch im Lauf der Flüsse kund geben muß; in den Thalweitungen ist derselbe sanft, die Ufer unstet, sobald das Wasser aber die Stufe erreicht, stürzt es schäumend und brausend, oft in schönen Wasserfällen, über die Absätze in eine folgende Thalweitung hinunter, durch die es sich dann wieder langsam hinwindet.

In jedem Thalsystem ist der Unterschied der relativen Höhe des Hauptthales und seiner Seitenthäler zu berücksichtigen, indem derselbe auf Klima, Naturerzeugnisse und den Lebenserwerb der Bewohner einen wesentlichen Einfluß ausübt. In dem wärmeren Hauptthale gedeiht

überall, wo der Boden anbaufähig ist, Getreide, schmackhaftes Obst, kräftiges Futter, in mehreren dieser Thäler selbst Wein, Kastanien und Feigen; höher hinauf treten reichliche Waldungen auf, über denen die Alpenweiden liegen, bis zuletzt nackter Fels jedem organischen Leben eine Schranke setzt. In den Seitenthälern, welche sich häufig durch Felsengen, in denen meist beschwerliche Wege zu ihnen hinaufführen, gegen das Hauptthal öffnen, finden wir noch oft Obst- und Kornbau, herrliche, kräftige Wiesen sind aber vorherrschend und bedecken weiter hinauf nur noch allein die Thalfläche und die Gehänge. Durch die Hauptthäler ziehen aus den angrenzenden Ebenen die großen Verkehrsstraßen; hier liegen Städte und Dörfer oft nahe bei einander, während in den Seitenthälern, besonders im höher gelegenen Theil derselben, die kleinen Ortschaften nicht selten aus zerstreuten Wohnungen bestehen. Durch die Thalebene der Hauptthäler ist Viehzucht und Landbau, städtische und ländliche Sitte verbreitet, in den bedeutenderen Städten wird wissenschaftliche Bildung gepflegt und ihre Lage an den großen Alpenstraßen begünstigt einen mannigfachen kaufmännischen Verkehr. Die natürliche Fruchtbarkeit des Bodens erleichtert die Cultur desselben, die überall so weit geht, als klimatische Verhältnisse oder besondere Rücksichten und Interessen es gestatten, und wo bei steigender Bevölkerung der Boden nicht mehr Allen eine Nahrungsquelle ist, da hat die Noth, oder Unternehmungsgeist und Emsigkeit den Gewerbfleiß in's Leben gerufen, der den dürftigen Bewohnern des Hauptthales und der angrenzenden Seitenthäler eine ernährende Arbeitsquelle eröffnete. In den Seitenthälern dagegen, wenn hier und da auch Ackerbau nicht ganz fehlt, ist Viehzucht und Milchwirthschaft, Hirtenleben und einfache Lebensweise vorwaltend. Sie, die hoch in die Luft erhoben sind, bindet Nachbarschaft und das Bedürfniß ihrer Bewohner an das Hauptthal, ihre Bevölkerung bringt daher den Bewohnern des Hauptthales Holz und die Erzeugnisse ihrer Heerden, oder auch Gegenstände ihres häuslichen Kunstfleißes, um sich dort ihren Lebensbedarf an Nahrung und Kleidung zu kaufen und einzutauschen. So wird das Hauptthal ein Versammlungs- und Marktplatz für die Seitenthäler, und da es seinerseits gleichfalls derselben bedarf, wird ein bedeutendes Gebiet und eine bedeutende Volksmasse durch wechselseitiges Bedürfniß auf natürliche Weise zusammengehalten. Diese Zusammengehörigkeit einerseits, und andererseits der Umstand, daß Gebirge den Menschen mehr als irgend etwas Anderes auf dem festen

Lande absondern, bringen bei den Bewohnern jedes größeren Thalsystems in Sitten und Gebräuchen und in der ganzen Art zu leben Eigenthümlichkeiten hervor, durch die sie sich stets von den Bewohnern der Ebene unterscheiden. Ueberhaupt lassen sich in der Schweiz nirgends mehr als hier die Einflüsse des Bodens und des Klimas auf den Menschen erkennen, und wenn Land und Volk auch in anderen Gegenden unstreitig in natürlicher Verbindung zu einander stehen, so scheint sie doch hier eine viel innigere zu sein. Ohne in specielle Erörterung einzutreten, erinnere ich Dich nur daran, wie in Gebirgen, und ganz besonders im Hochgebirg, der Mensch mehr als irgendwo auf sich selbst gestellt ist und Schwierigkeiten zu überwinden hat, die der Bewohner der Niederung nicht kennt; aus mehr als einem Grunde dem Luxus und der Verweichlichung schwerer zugänglich, sind daher die Bewohner dieser stets von reinen Lüften umgebenen Alpenhöhen kräftigen Geistes, von starken Nerven und großer Muskelkraft, und da mit rüstigem Wesen und selbstbewußter Kraft Muth und Unabhängigkeitssinn auf natürliche Weise gepaart sind, so erklärt es sich dadurch sowohl, wie durch die isolirende Gebirgsnatur, warum wir hier vorzüglich unsere rein demokratischen Verfassungen finden.

Diese Thalsysteme, und in denselben besonders einzelne Partien, die der Strom der Reisenden längst aufgefunden hat, gehören ohne Zweifel zu den schönsten Gegenden der Schweiz und Europa's. Eine Grundursache davon haben wir wohl in dem geologischen Bau unserer Alpen zu suchen., in der Mannigfaltigkeit der Gesteine, in der Energie, mit welcher die geologischen Kräfte auf dieselben gewirkt und die große Mannigfaltigkeit der äußeren Formen bedingt haben. Rufe Deine Erinnerungen zurück und denke Dir, ein tiefblauer Himmel wölbe sich über Dir, in welchen die vielgestaltigen Häupter der Berge mit ihren glänzend weißen Scheiteln kühn und scharf umrissen emporragen. Tiefer, dem Auge bald entzogen, bald sich vor demselben ausbreitend, grünen die Alpentriften, die uns an die wohlbekannte niedrige, aber anmuthige Flora jener Höhen und an das Glockengeläute der weidenden Heerden erinnern. Ein reicher Kranz von Waldungen schmückt die bald steileren, bald sanfteren Thalgehänge, an denen mit dem dunkeln Schatten der Wälder das lachende Grün der Wiesen wechselt, unterbrochen von einzelnen braunen Felsabstürzen. In der Höhe einer nahen Felswand zersplittert ein stürzender Wasserbogen in tausend Tropfen, ein

schimmernder Lichtglanz bekleidet das schnelle Kommen und Verschwinden, den raschen Formenwechsel der fallenden Wasserstrahlen, und aus der Tiefe des Sturzes steigen dichte Nebel auf, die mit einem durchsichtigen Schleier den Fuß des Krystallbogens umhüllen und in denen die Strahlen der Sonne vielfältig erglänzen. Das Thal selbst, durchschlängelt vom rauschenden Strome, der dem nahen See mit seinem ruhigen, bläulich schimmernden Spiegel zufließt, bietet mit seinen mannigfachen Aus- und Einbiegungen, mit seinen hell erleuchteten oder im Schatten liegenden Gehängen, mit den in ihm zerstreuten, von Obsthainen, Feldern und Wiesen, von deutlichen Anzeichen reger Betriebsamkeit erfüllten Ortschaften, ein Bild der lebhaftesten Scenerie dar. Und damit auch der Zauber der Romantik nicht fehle, so erblickst Du mitten in dem mit allem Schmuck der Vegetation prangenden Gelände am waldigen Bergabhang, oder kühn über Felsen emporragend, die Zeugen einer früheren Kraftwelt und eines wilden Lebens früherer Jahrhunderte, Ueberreste starker Mauern oder finsterer Thürme, mit Moos bewachsen, mit Busch und Laubwerk in gefälligen Formen umrankt. Anders ist wieder der Anblick derselben Alpenlandschaft, wenn beim Auf- oder Untergang der Sonne der goldene Duft der Morgen- oder Abendröthe die ganze Landschaft übergießt, oder Nachts, wenn die Schneegipfel im Monde schimmern, oder wenn über dem in tiefe, stille Dämmerung gehüllten Thale die Häupter der höchsten Berge mit einem rosenfarbenen Glanze umkränzt sind.

Wie matt ist eine solche Schilderung, denkst Du, und hast Recht. Alles Reden und Malen ist einer solchen Natur gegenüber umsonst, weil die Sprache zu arm und mit Einem Schlage das Panorama in seiner Farbenpracht und Formenmannigfaltigkeit vorzuzaubern unvermögend ist. Wir können nur sagen, worin die Elemente der mehr oder minder ansprechenden und entzückenden Wirkungen einer solchen Alpenlandschaft bestehen, nämlich erstens in der Kräftigkeit, Bestimmtheit und Wechselverschiedenheit ihrer ganzen Natur, in den Höhen, Formen und Conturen ihrer Berge, in den mannigfaltigen Färbungen, in den Windungen der Flüsse und Thäler, in Folge welcher oft nach wenigen tausend Schritten dem Blicke sich eine neue Scenerie darbietet, in der Vertheilung des Wassers, in der Vegetation und dem Anbau; zweitens in der harmonischen Verbindung von allem diesem, in der gefälligen oder imponirenden äußeren Zusammenstimmung innerhalb dieser wechselvollen Verschieden-

heit, dieser großen lebenerfüllten Natur. Was wir aber mit unserem Verstande nicht begreifen, das ist beim Anblick einer so herrlichen Natur das uns beglückende oder durchschauernde Gefühl ihrer Schönheit oder Erhabenheit, das durch keine wissenschaftliche Erkenntniß der Kräfte und ihrer Wirkungen getrübt wird, und in welchem uns die Ahnung einer höheren Bedeutung derselben aufgeht, indem wir in solcher Herrlichkeit den Abglanz des Göttlichen erblicken.

Das Mittelland.

Das Mittelland.

Das Mittelalter.

Neunundzwanzigster Brief.

Abdachung, Ausdehnung und äußere Gestaltung des Mittellandes.

Du wünschest, daß ich meine Mittheilungen, welche ich hier abzubrechen gedachte, fortsetzen und über die ganze Schweiz ausdehnen solle. Ich entspreche Deinem Wunsche gerne, denn obgleich die Gegenden, welche Du bewohnst oder zu bereisen öftere Gelegenheit hast, nicht das großartige Interesse gewähren, wie die Alpen; so begegnen uns doch auch in ihnen Verhältnisse und Erscheinungen, welche merkwürdig genug sind, um daran den Faden unserer schriftlichen Unterhaltung weiter fortzuspinnen.

Das Mittelland, zu dem ich zunächst übergehe, magst Du auch, je nach dem Gesichtspunkt, von dem Du es betrachtest, Längenthal, Hügelland, oder, wenn Du Dich noch der Höhenangaben des sechszehnten Briefes erinnerst, Hochebene nennen. Eine andere Natur umgibt uns hier; denn das Mittelland, welches im Vergleich zu den Alpen eine Niederung ist, trägt in seinem größeren Theile keinen Gebirgscharakter. Runde, volle Wellenlinien oder einförmige Rücken schließen fruchtbare, von kleineren oder größeren Flüssen durchströmte Thäler ein, grüne Hügelreihen und bewaldete Höhenzüge mit sanften Formen begleiten malerische Seebecken, von denen einige bedeutungsvolle Mittelpunkte des Anbaus und der Industrie sind, einzelne Bergzüge mit felsigen Formen oder zerstreute kleine Ebenen unterbrechen hie und da den Hügellandscharakter. Es sind also immer noch vielfach wechselnde Formverhältnisse und eine reiche, mannigfache Wasservertheilung, welche die eigenthümliche Natur des Mittellandes bezeichnen und eine dichte Bevölkerung möglich gemacht haben. So verschieden diese Natur von derjenigen der

Alpen ist, so zeigt doch jede Berghöhe, fast jeder Hügel, den wir besteigen, selbst viele Ebenen, wie nahe wir ihnen, wie nahe sie uns sind; überall, wo der Blick von einem freieren Standpunkte über Felder, Wiesen, Obsthaine, Weinberge, freundliche Dörfer oder gewerbreiche Städte nach Süden schweift, begegnet ihm die weiße Mauer der Alpen, deren blendendweißer Gipfelkranz über die grünen Mittel- und Vorberge auf diesen reich gesegneten Garten herabschaut.

Das Mittelland tritt aus Savoyen und Frankreich in die Schweiz ein und erstreckt sich in der Schweiz mit stets wachsender Breite von drei bis zwölf Schw. Stunden in derselben nordöstlichen Richtung als ein großes Längenthal zwischen den Alpen und dem Jura vom Genfersee zum Bodensee und weiter nach Deutschland. Wie wenn es in seinem oberen, an die Alpen angrenzenden Rande gehoben worden wäre, bildet es, wie ich Dir schon früher geschrieben, eine schiefe, gegen den Jura gesenkte Ebene, und da die Kalkalpen der nördlichen Nebenzone von vielen Querthälern durchbrochen sind, so fließen alle Wasser, welche in ihnen und an größeren Höhen des Mittellandes entspringen, von der Waadt bis in den Thurgau über dasselbe dem Jura entgegen, mithin zur Aar mit ihren Seen und zum Rhein. Am Jura befindet sich also die Unterkante dieser geneigten Ebene, dort ist die Hauptrinne der Gewässer, und da das Mittelland sich zugleich von Osten und Westen gegen den mittleren Aargau senkt, so durchbrechen dieselben dort den Jura in einem größeren Querthal, durch welches die beträchtlichste Wassermasse der Schweiz bei Coblenz dem Rheine zugeführt wird.

Mit Ausnahme des Jorat, des Bucheckberges bei Solothurn, des Höhenzuges am südlichen Ufer des Boden- und Untersees und einiger anderer mehr untergeordneter Höhenzüge haben alle übrigen meist langgestreckten Bergketten und Hügelreihen, welche über die schiefe Ebene des Mittellandes hinziehen, von der Saane bis zur Thur die gemeinschaftliche Richtung von Südwest nach Nordost, und so auch die dazwischen liegenden bald schmäleren, bald breiteren Thallandschaften. Die Höhenzüge zwischen der Töß und Thur, zwischen der kleinen und großen Emme und zwischen der letzteren und der Aar zeigen Gebirgscharakter, indem sie sich über 3000 und 4000 Fuß absoluter Höhe erheben; alle übrigen sind Hügelreihen von ungleicher und wechselnder Höhe. Der Parallelismus zwischen der Hörnlikette, dem Almann, dem breiten Bergrücken am Ostufer des Zürichsees, der Albiskette, der Hügelreihe des Heiters-

berges, dem Lindenberge, dem Hügelsysteme, das zwischen der Aa, Suhr und Wigger aus Luzern nach Aargau übertritt, der Napfkette und den beiden vom Hohgant und dem Gurnigel ausgehenden Bergketten auf beiden Seiten der Aar ist unverkennbar und deutet auf die Hauptursache ihrer Entstehung. Wir haben in denselben größtentheils Erosionsketten vor uns, die sich im Allgemeinen auf folgende Art gebildet haben. Bei horizontaler Schichtenstellung ist der Ueberrest der früheren Bodenfläche, der jetzige Rücken des Höhenzuges, eben oder flach hügelig, und je nach Umständen breit oder schmal, und die Abhänge bilden mit demselben eine mehr oder weniger deutliche Kante. Ist aber die Lagerung geneigt und bildet das Streichen der Kette einen schiefen oder senkrechten Winkel, so konnte die Erosion in den meisten Fällen auf Lagerfolgen stoßen, welche ihr einen ungleichen Widerstand entgegensetzten. Je geringer derselbe war, desto rascher ging die Auswaschung von Statten; aber auch bei größerem Widerstande konnte die Wirkung der Erosion niemals ganz ausbleiben, obgleich sie einen größeren Zeitraum erforderte, um ein merkliches Resultat zu erzielen. Während desselben wurden die leichter zerstörbaren Partieen in beträchtlicherem Maße ausgewaschen und unterminirt, das Erdreich blätterte ab, Kies und Sand rutschten nach, oder es entstanden Bergschlipfe. Auf solche Weise bildeten sich an den Abhängen und in Folge dessen am Kamme Vorsprünge und Einbiegungen, Gräte, Gipfel und tiefer eingreifende Runsen, und es unterliegt gar keinem Zweifel, daß auch die höheren unter diesen Bergreihen ihre Formen, wenigstens in ihrer jetzigen Ausbildung, durch Erosion bekommen haben, gerade wie die meisten Seitenausläufer der Alpenketten.

Dasselbe gilt auch von den Thälern des Mittellandes, da Erosionsketten parallele Erosionsthäler zu beiden Seiten voraussetzen. Die beiden Factoren, welche auf die Thalbildung durch Ströme Einfluß haben, sind einerseits der Widerstand, den der vom strömenden Wasser angegriffene Boden leistet, andererseits das Gefäll und die Wassermasse, welche beide, je größer sie sind, um so mehr den Stoß und Druck, den der Strom auf die Grundlage und die entgegenstehenden Massen ausübt, verstärken. Es ist oft überraschend, mit welcher Leichtigkeit die mechanische, fortschaffende Kraft des Wassers ganz kleiner Ströme grobkörnigen Sand und Grus bei geringem Gefäll wegführt. Wir schätzen gewöhnlich das Gewicht der Felsarten in der Luft, ohne ihr relatives

Schwimmvermögen zu berücksichtigen, wenn sie in einer dichteren Flüssigkeit befindlich sind. Das specifische Gewicht mancher Gebirgsarten beträgt nicht mehr als das Doppelte und sehr selten mehr als das Dreifache des Wassers, so daß fast alle von Strömen weggeführten Geschiebe ein Drittel und manche die Hälfte von ihrem Gewichte verloren haben. Je größer nun das Gefäll und die davon abhängige Geschwindigkeit des Wassers ist, desto beträchtlicher ist die Wirkung der durch dasselbe ausgeübten Erosion. Man hat gefunden, daß eine Geschwindigkeit von drei Zoll in der Secunde hinreicht, um feinen Thon, von sechs Zoll, um feinen, von zwölf Zoll, um groben Sand, und von etwa drei Fuß in der Secunde, um Steine von der Größe eines Eies aufzureißen und fortzuführen. Bei starkem Gefäll und großer Wassermasse kann aber die Geschwindigkeit auf 10—20 Fuß in der Secunde anwachsen; die Gewässer der Dranse, welche im Jahr 1818 das Bagnethal verwüsteten, bewegten sich beim Entweichen aus dem See mit einer Geschwindigkeit von etwa 26 Fuß in der Secunde und schütteten in derselben Zeit 300,000 Kubikfuß Wasser. Das Gefäll und die Menge des Wassers war hier allerdings ungewöhnlich groß; aber bei heftigen Regengüssen oder lang anhaltendem Regen, welche Hochgewitter oder Föhnwetter häufig herbeiführen, und die sonst kleine Bäche zu brausenden Strömen anschwellen, kann auch bei geringem Gefäll die Geschwindigkeit sehr groß werden, weil die Wassermasse das mangelnde Gefäll ersetzt. Wenn der Boden, der den Angriffen des strömenden Wassers ausgesetzt ist, wenig Widerstand zu leisten vermag, so ist der Erfolg der Erosion oft sehr bald ein überraschend großer. Besteht er aus Sand und Kies, so hat das Wasser oft in kürzester Frist ein tiefes Bett mit abgetieften, steilen Uferwänden gegraben, selbst wenn, bei großem Wasser, das Gefäll ein geringes ist, und ich irre mich schwerlich, wenn ich annehme, daß Du dergleichen schon selbst beobachtet habest. Dabei kann Dir nicht entgangen sein, daß der Einschnitt oder Ausriß, den das Wasser macht, nicht nur in der Richtung seines Laufes, sondern auch rückschreitend sich verlängert, und Du wirst leicht begreifen, daß die Sandkörner, Kiesel, Gesteinstrümmer, welche durch die Stoßkraft des Wassers fortgeschafft werden, die zerstörende Wirkung der Erosion in dem Grade unterstützen und befördern, in welchem der Druck und Stoß des Wassers geringer oder größer sind. Ist die Felsart unter dem Sand- und Kieselboden leicht zerstörbar, so frißt sich der Strom bald auch in diese Grund-

lage selbst ein, bis die stoßende und wegschaffende Kraft des Wassers, welche von dem Neigungswinkel des Bodens abhängt, mit dem Widerstand im Gleichgewicht steht; dabei werden die festen Steinarten, in die sich der Strom eingräbt, steile, der bewegliche und nachrutschende Sand flache oder wenig geneigte Ufer bilden. Verändert der Lauf des Wassers öfters die Richtung, was nach heftigen oder anhaltenden Regengüssen gewöhnlich geschieht, so werden die alten Uferwände eingerissen und neue eingeschnitten. Selbst wenn der durchgrabene Boden fest ist, so ist die Wirkung dieselbe, nur erfolgt sie nicht so schnell, wie wenn er aus Schuttland oder leicht zerstörbarer Steinart besteht. Auf solche Art schafft sich der Strom sein Bett, gleichsam ein kleines Thal, auf einfache, kräftige und sichere Weise, und um so schneller, je stärker sein Gefälle ist. Aber auch auf schwach geneigtem Boden ist, wie ich schon beiläufig bemerkt habe, der Erfolg derselbe, wenn die Wassermasse des Stromes durch Nebenflüsse verstärkt wird. In den Alpen, wo das Wasser der Thalströme an vielen Stellen ihres Laufes sich mit großer Schnelligkeit bewegt, wo zu der durch Hunderte von Bächen verstärkten Wassermasse des Thalstroms ein starkes Gefälle hinzukommt, scheint sich eine verhältnißmäßig schnell erodirende Wirkung von selbst zu verstehen, wie denn der Beispiele dafür genug vorliegen; in der Niederung dagegen, wo die Bodenfläche meist schwach geneigt, der Lauf der Flüsse ruhiger ist, sollte man das Gegentheil erwarten, wenn nicht das Gesetz, daß zwei gleiche Ströme kein Bett von doppelter Oberfläche einnehmen, die Kraft des fließenden Wassers regulirte. In dem Verhältniß nämlich, in welchem die ganze flüssige Masse wächst, nimmt der Raum, den sie erfüllt, im Verhältniß des Wasservolums ab; und aus diesem Grunde wird ein geringer Theil der ganzen Wassermasse durch Reibung am Boden und den Ufern des Flußbettes in seinem Laufe aufgehalten. Der durch keine Friction gehinderte Theil bewegt sich mit großer Geschwindigkeit, so daß der Hauptstrom oft auf der weniger geneigten Bodenfläche beschleunigt wird, obgleich sein Fall vermindert ist. Nicht selten tritt auch der Fall ein, daß zwei Flüsse nach ihrer Vereinigung nur die Oberfläche von einem derselben haben, oder selbst in einem engeren Bette eingeschlossen sind, als jeder vorher für sich allein ausfüllte. Die Erosion wird sich also auch in der Niederung sehr wirksam zeigen können, wenn der Strom durch Bäche und Nebenflüsse verstärkt wird. — Jeder Fluß sucht sich im Mittellauf, wo er aus dem Gebirg herausgetreten ist, vorzüglich ein

tieferes Gefälle zu graben, und bewerkstelligt dies dadurch, daß er bei Anschwellung und größerer Kraft seiner Wassermasse das von ihm früher abgelagerte Geschiebe angreift, fortschafft und dadurch sein Bett vertieft, was meist schnell erfolgt. Die unmittelbare Wirkung davon ist eine rückwärts nach dem Oberlaufe zu fortschreitende Vertiefung der Stromrinne. Leistet bei diesem rückschreitenden Vertiefen ein einzelnes Stromprofil größeren Widerstand, so entsteht dort eine Stromschnelle, und es erscheinen im Mittellauf die alten Stromufer an den Abhängen des Stromthals als Terrassen, wie im Oberlauf. Die Zahl solcher über und hinter einander sich erhebender Stufen bezeichnet ebenso viele Zeitabschnitte, in welchen der Stromlauf wesentliche Veränderungen erlitten hat. In verschiedenen Flußthälern des Mittellandes lassen sich solche Terrassen erkennen, im Aarthal bei Bern wenigstens drei bis vier, und dort fließt jetzt der Strom in einem 150 Fuß tieferen Bett, als zur Zeit, als sich die oberste Terrasse ablagerte. Denkt man sich durch die Terrassen auf beiden Seiten eines Flusses einen Querschnitt gelegt, so erhält man eine breite Thalmulde, in welcher entweder der Fluß bei starkem Gefälle eine sich immer mehr vertiefende Thalrinne bildet, oder in der sich, bei weniger stark geneigter Bodenfläche, ein breiter, ebener Thalboden erkennen läßt, der offenbar durch allmälige Ausfüllung eines tieferen Einschnittes mit Geschiebe entstanden ist, und in welchem sich das nunmehrige Flußbett befindet. Die Wirksamkeit der Flüsse, die noch stets fortdauert, beschränkt sich also nicht auf bloße Ausgrabung und Auswaschung von Rinnen und Betten, sondern sie hat seit den frühesten Zeiten durch Stromwanderung, Durchbrechen widerstehender Massen und immer tieferes Eingraben nach und nach Thäler von größerer oder geringerer Breite, mit steileren oder flacheren Gehängen gebildet, je nach der Steinart, durch welche der Fluß sich Bahn brechen mußte. Die festen Massen, welche sie früher ausfüllten, sind durch Erosion und die Stoß- und Tragkraft des strömenden Wassers weggeführt worden.

Die Thäler des ganzen Mittellandes sind das Werk der Erosion durch Ströme, von denen die größeren aus den Alpen dem Jura entgegen fließen, während die übrigen ihre Quellbezirke an größeren Höhen des Hügellandes haben, an der Hörnli- und Napfkette und am Jorat. Mehrere Thäler dieser letzteren Flüsse, die nicht im Alpengebiet selbst entspringen, die Thäler der Mantüa, Glane und Broye in der

Waadt, von Sumiswald, Truob und Luthern am Napf, der Töß und Murg an der Hörnlikette, sind von bedeutender Größe, und stellen sich entschieden als Stromthäler dar. Diese Größe ist aber so beträchtlich, daß ein einfaches inductorisches Schlußverfahren uns belehrt, auch für diejenigen Thäler, deren Flüsse aus den Alpen kommen, einen gleichartigen Ursprung anzunehmen. Scheint auch die Kraft der jetzt sie durchströmenden Flüsse zu gering zu sein, um Thäler von solcher Ausdehnung auszuwaschen, so ist nicht zu übersehen, daß sie dazu Jahrtausende verwenden konnten, und in der tertiären Epoche, nach der Trockenlegung des Mittellandes, ohne Zweifel viel größer gewesen sind. Daß die Flüsse, welche das Mittelland durchströmen, wirklich eine sehr lange Zeit an dem Werk der Thalbildung gearbeitet haben, lehrt eine genauere Untersuchung überall. Die Spuren der ältesten Stromerosion müssen auf dem obersten Rücken der Hügel gesucht werden, wo das ursprüngliche Niveau des durch sie zerschnittenen Bodens ist; von da haben sich die Ströme immer tiefer eingegraben und einen Thalgrund gebildet, der durch spätere Stromablagerungen wieder erhöht, breiter und ebener wurde. Auf diesem alten Thalboden liegen unsere Ackerfelder, Dörfer und Städte. Die Erosion arbeitete aber auch in diesem Geschiebboden fort, sie schnitt ihn zu den Strombetten der jetzigen Gewässer ein, welche an manchen Orten selbst in die felsige Grundlage sich eingegraben haben und oft über 100 Fuß tief unter den durch die älteren Stromablagerungen ausgefüllten Thalboden hinabgehen. Wir treffen daher in diesem jüngeren Theile des Thales theils steile, theils terrassirte Gehänge; sie verdanken ihre Entstehung den gegenwärtig sie durchströmenden Flüssen, während die übrige Thalbildung ein Werk der älteren Ströme ist. Beide Thalbildungen gehen aber durch Mittelformen in einander über, und wo in einem Hauptthal Unterbrechungen der Auswaschung vorkommen, sind sie blos local.

Dreißigster Brief.

Geognostische Verhältnisse.

Die Gesteinsarten, welche in außerordentlicher Mächtigkeit (2500 Fuß) das Mittelland bedecken, die großen Thäler des Jura erfüllen, aber nirgends in die Alpen eingedrungen sind, gehören dem Tertiärgebirge an und haben von einer weichen Sandsteinart, die in der französischen Schweiz, weil sie in den Steinbrüchen leicht geschnitten werden kann, mou, mol heißt, den gemeinsamen Namen Molasse erhalten. Die ganze Gruppe besteht aus Trümmergesteinen, die entweder zusammengekittet oder in lockeren Massen lose aufgehäuft auf der Kreide oder einer anderen älteren Formation abgelagert wurden; mancherlei Sandsteine, Nagelfluh und Mergel, mit Einlagerungen von Süßwasserkalk, Kohlen u. a. sind die Glieder der schweizerischen Molasse.

Zur Zeit der Kreidebildungen, welche der Bildung der Molasse voranging, trugen die organischen Formen einen tropischen Charakter: kolossale Saurier (Echsen), Leguane, Schildkröten bildeten die höheren Thierklassen, Palmen, Cycadeen, im Wuchse den Palmen und Farrenbäumen, oder unsern Nadelhölzern ähnlich, und Coniferen (Zapfenträger) waren die vorherrschenden Pflanzenfamilien. Diese Organismen setzen also einen Wärmegrad voraus, wie wir ihn heutzutage zwischen den Tropen antreffen. Zur Zeit der älteren Secundärbildungen mochten die Verhältnisse im Allgemeinen keine wesentlich anderen sein; die organischen Formen der höheren Formationen verschwinden zwar in den tieferen und sind durch andere vertreten, der Dolith, der Muschelkalk, der Zechstein enthalten eigenthümliche Thier- und Pflanzenarten, aber ältere gemäßigte oder kalte Klimate sind durch Nichts angedeutet. Steigen wir weiter hinauf in die Periode der Steinkohlenbildung, so begegnet uns eine Entwicklung und Ueppigkeit der Flora, wie sie sich jetzt selbst zwischen den Tropen kaum wiederfindet, und da diese Kohlenlager unter allen Breitengraden vorkommen, so muß zu jener Zeit überall auf der Erdoberfläche ein sehr heißes und feuchtes Klima verbreitet gewesen sein. Ob man für die unter der Kohle liegenden mächtigen, in verschiedene Formationen gegliederten und daher sehr lange Zeiträume der Entstehung voraussetzenden Uebergangsgebirge eine nochmalige be-

deutende Steigerung der Wärme annehmen darf, ist ungewiß; wenigstens wimmelt es in diesen ältesten neptunischen Sedimenten von Thieren mannigfaltiger Art, die mit den Formen jetzt lebender Seethiere eine gewisse Verwandtschaft zeigen. Von einer Abstufung der Klimate, wie wir sie gegenwärtig kennen, war also während des ganzen ungeheuren Zeitraums der secundären Bildungen keine Rede, die Temperatur war überall eine gleichmäßige, obwohl sich die Wärme durch die unausgesetzte Ausstrahlung der Erde nach und nach verminderte, und zwar scheinen, wie mehrere Thatsachen andeuten, die Aenderungen der Klimate in den verschiedenen geologischen Perioden nicht stetig, sondern mehr sprungweise stattgefunden zu haben. Während der Tertiärzeit muß, nach den Pflanzen- und Thierüberresten zu schließen, das Klima von Mitteleuropa noch immer einen hohen Wärmegrad besessen haben. In den jüngeren Tertiärbildungen erscheinen, nördlich von den Alpen, vorherrschend Dicotyledonen (Pflanzen mit doppelter Samenkapsel, wie Cycadeen, Tannen und Cypressengewächse), die den Charakter der jetzt in der Gegend lebenden haben, und Palmblätter, was eine Mitteltemperatur von wenigstens 12° R. voraussetzt, und die Thierüberreste scheinen eine noch höhere Mittelwärme zu fordern. Das Klima des Mittellandes war also in der jüngeren Tertiärzeit beträchtlich wärmer als jetzt, aber auch beträchtlich kälter als zur Secundärzeit, und außerdem zeigte es sich schon deutlich nach Zonen verschieden, was vorher nicht bemerkbar ist.

Die Molassebildungen zeichnen sich weniger durch ihre eigenthümliche Beschaffenheit, als vielmehr durch die Menge der von ihnen umschlossenen organischen Ueberreste aus (die in den jurassischen Formationen der Alpen meist sehr selten sind) und durch deren große Aehnlichkeit mit den Organismen der Gegenwart. Ihr Mineralgehalt ist von demjenigen der älteren Gruppen nicht verschieden, so daß sie auf dieselbe Weise entstanden sein müssen, wie die ihnen vorangegangenen Bildungen. Die geringere materielle Festigkeit mehrerer Molasseglieder erklärt sich zum Theil durch den Mangel jenes gewaltigen Druckes, den die jüngeren Formationen auf die älteren ausübten, deren Theile dadurch einander so nahe gebracht wurden, daß sie durch moleculare Anziehung sich unmittelbar zu festen Massen verbanden. Indessen gibt es in dieser Gruppe noch Kalksteine, die an Festigkeit den älteren kaum nachstehen und zu allen jenen Zwecken sich eignen, welche ältere Kalksteine so wichtig machen; auch das Conglomerat der Nagelfluh ist sehr fest verkittet und

ebenso zeigen einige Sandsteinarten eine bedeutende Festigkeit. Bezeichnend für die Tertiärperiode, wenn gleich ihr nicht ausschließlich eigen, ist das Auftreten von Süßwasserbildungen zwischen den marinen Schichten; es beweist dies, daß Binnengewässer einen bedeutenden Antheil an den tertiären Ablagerungen gehabt haben. Die Bestimmung, ob Sedimente aus dem Meere oder aus süßem Wasser abstammen, erfolgt einfach nach den in ihnen enthaltenen organischen Ueberresten. Die wichtigsten von allen Geschöpfen, welche in Gebirgsschichten enthalten sind, sind die Testaceen (von testa, Schale, also Schnecken, Austern u. s. w.), sie sind die Denkmünzen, welche über die früheren Veränderungen der Erdoberfläche berichten. Diese Versteinerungen sind in den tertiären Formationen oft so vollkommen erhalten, daß sie, wenn sie aus dem Muttergestein genommen worden sind, aussehen, als kämen sie eben aus dem Meere. Zwar fehlt ihnen gewöhnlich die Farbe, allein diejenigen Theile, auf welche die specifischen Kennzeichen begründet sind, bleiben unverändert, und obgleich die Thiere selbst zu Grunde gegangen sind, so können doch Gestalt und Gewohnheiten aus den sie bedeckenden Muscheln gefolgert werden. Gehören also versteinerte Muscheln Thieren an, deren lebende Analoga sich nur in Süßwasserseen, Teichen oder Flüssen aufhalten, so werden wir mit Recht auf einen ähnlichen Aufenthalt der untergegangenen Thiere schließen, und die Schichten, in denen sie gefunden werden, für Süßwasserbildungen erklären müssen; sind aber die Muscheln mit solchen verwandt, die nur im Meere leben, so haben wir die sie einschließenden Straten als Meeresablagerungen anzusehen. Ueberreste von Landthieren, welche in diesen Schichten vorkommen, geben für den Ursprung kein Kriterium ab, weil sie an den Ufern der Binnengewässer, oder an Meeresküsten, oder an beiden zugleich leben konnten.

Die ältesten Organismen stimmen mit den gegenwärtigen in der Anlage überein, und die vielen Unterschiede, denen der Naturforscher begegnet, sind auf Rechnung äußerer Verhältnisse, einer anderen Mengung der atmosphärischen Bestandtheile, anderer Temperaturverhältnisse, einer anderen Vertheilung von Wasser und Land u. s. w. zu setzen. Die jetzige organische Schöpfung ist das endliche Resultat einer langen Entwicklungsreihe, in der verschiedene Gruppen organischer Gestalten periodenweise die vorherrschenden oder eigenthümlichen waren, und in welcher immer neue Organismen auftraten, während früher vorhandene ausstarben. Das Pflanzen- und Thierleben hat sich aber nicht nur

stets erneuert, sondern periodenweise auch vervollkommnet, indem in der Regel immer höher entwickelte Organismen entstanden. Hierin vorzüglich liegt der Unterschied zwischen den verschiedenen Schöpfungsperioden. Während stetsfort an die Stelle ausgestorbener niederer Arten ähnliche traten, ist zugleich eine Stufenleiter ersichtlich von den unvollkommenern zu den vollkommenern Organismen, zuletzt zum Säugethier. Bei den vollkommenern Formen der Vorwelt, die mit den jetzigen verwandt sind, ist anfangs nur der Familiencharakter sicher, und die Gattung, also auch die Art, unterscheidet sich bestimmt von lebenden, später werden die generellen Charaktere völlig dieselben, wie in der Jetztwelt, und erst zuletzt, in der Diluvialperiode, stellt sich eine specifische Identität mit der Gegenwart heraus. Während unter allen organischen Formen, welche in der Kreidegruppe gefunden werden, keine einzige Species enthalten ist, welche gegenwärtig lebend existirt, und wir uns immer noch eine von der heutigen ganz verschiedene Lebenwelt zu denken haben, begegnen wir erst über der Kreide einzelnen und nach und nach immer mehreren Pflanzen- und Thierarten im fossilen Zustande, welche mit denen der Gegenwart übereinstimmen. Die Säugethiere, deren erste Vorläufer die Beutelthiere der Jurazeit waren, fangen bereits an die herrschenden auf der Erde zu werden; zuerst freilich, in den älteren Tertiärformationen, treten nur die niedriger organisirten Pflanzenfresser auf, dann aber folgen ihnen die höher rangirten Raubthiere und als letztes organisches Gebilde der Tertiärperiode der Affe. Erst in der jüngsten geologischen Periode, welche auf diejenige der Molassebildungen folgte, tritt als Schlußstein des ganzen organischen Reiches, als die letzte Blüthe der Schöpfung, der Mensch auf. Die Säugethiere der Tertiärzeit halten sich in ihren Dimensionen im Allgemeinen an heutige Grenzen und überschreiten, wenn sie größer werden, zwar die heutigen in unserer Zone ansässigen Arten, allein in der Regel nicht die Größe derjenigen wärmerer Gegenden. Neben Zähnen und Knochen von Katzen, Hunden, Hyänen, Bären kommen solche von Mastodonten, Nashörnern, Fischen und Schildkrötenschalen u. s. w. vor.

Die mächtige Molassenablagerung des Mittellandes kann in eine den Alpen angelagerte, subalpinische, und in eine am Fuße des Jura abgesetzte, subjurassische Gruppe abgetheilt werden. Die letztere nimmt ihre Stelle immer über der subalpinischen ein, bildet auf allen Hügeln, die sich am Fuße des Jura erheben, die obersten Lager und

unterscheidet sich durch ihre Versteinerungen wesentlich von der tieferen subalpinischen Gruppe, oder der Molasse im engeren Sinne des Wortes. Sie zieht sich in einer nicht sehr breiten Zone in ziemlich gleicher Höhe aus der Gegend am Neuenburgersee durch das Seeland zwischen Iferten und Solothurn über alle Hügel der niederen Schweiz durch Aargau, Zürich, Thurgau an den Bodensee, dessen Ufer sie bildet, und begleitet die subalpinische Gruppe in die Thäler des Jura. Wir finden sie selbst im Thal von La Chaux de Fonds 3000 Fuß über dem Meer. Ich will sie kurzweg Muschelsandstein nennen, und die untere, ältere Gruppe Molasse. Der Muschelsandstein zerfällt in einen Sandstein und eine Nagelfluh. Beide müssen als Küsten- oder Strandbildungen angesehen werden, von deren Entstehung Dir Folgendes einen Begriff geben wird. Stehendes Wasser, besonders das Meer, ist durch Winde, Strömungen, Ebbe und Fluth in einer nie rastenden Bewegung, welche den losen Schlamm-, Sand- und Kiesmassen der Küste mitgetheilt wird. Es werden daher die letzteren, besonders bei hoher See, noch mehr bei Sturmfluthen, bald auf das Land getragen, bald wieder in das Meer zurückgeführt. Durch eine heftig gegen den Strand andringende Bewegung des Meeres, welche große Massen von Schlamm, Sand und Steinen ans Ufer wirft, entstehen Haufwerke von größeren Steinen, Kieseln und feineren Theilen, ohne Ordnung und ohne Rücksicht auf Schwere, durch einander. Davon werden durch den gewöhnlichen Wellenschlag und das wechselnde Spiel der Ebbe und Fluth die schlammigen Massen dem Meere zugeführt und als Mergel- und Thonschichten abgelagert, höher liegen Sandstraten, und an der Küste selbst bleibt nur das gröbere Gerölle zurück, wie Du dies an den Küsten unserer Seen beobachten kannst. Wo beide Bewegungen, die zutragende und die zurückführende, sich das Gleichgewicht halten, bleibt der Strand unverändert; wo dies nicht der Fall ist, gewinnt entweder das Meer über das Land, oder das Land über das Meer das Uebergewicht, und im letzteren Falle entstehen Strandbildungen. Zur Befestigung der losen Schlamm-, Sand- und Geröllmassen genügt eine geringe Menge eines Cämentes, das aus den feinsten Theilen der zerriebenen Trümmer herrühren kann. Es entstehen dadurch Conglomerate, Sandsteine, Thone und Mergel. In nicht geringem Maße tragen zu den Strandbildungen die kalkigen Muscheln verschiedener Geschlechter bei, die an manchen Küsten noch jetzt beträchtliche Lager bilden und klafterdicken

Bänken die Entstehung geben, indem ihre zertrümmerten und erweichten Schalen einen feinkörnigen Kalksand oder einen Kalkleim bilden, der wie ein Mörtel erhärtet und ein vorzügliches Cäment liefert. Eisenoxyd, das auch für sich allein die Cohäsion begünstigt, ist öfters mit diesem Kalkleim verbunden. Manche Conglomerate der Alpen haben diesen Ursprung, und da Conglomerate enge mit Sandsteinen verbunden sind, so gilt dasselbe auch von diesen. Die Nagelfluh ist aber eine Strandbildung und ebenso der mit ihr wechsellagernde Muschelsandstein. Dieser besteht aus einem Agglomerat theils zerbrochener, theils gut erhaltener mariner Muscheln, abwechselnd mit Schlamm, Quarzsand und Geröllagern, und besitzt gewöhnlich eine bedeutende Festigkeit. Das Gestein hat im Allgemeinen eine graue Farbe, die ins Blaue, Grüne, Gelbe und Braune übergeht, und schließt sehr kleine grünlich schwarze Körner ein, manchmal in solcher Menge, daß es wie schwarz punktirt erscheint. Außerdem ist dieser Sandstein durch die Beimengung einer grünlichen Substanz ausgezeichnet, welche ihn in dünnen lauchgrünen, oder grünlich braunen, zuweilen wachsartigen Häutchen durchzieht. Charakteristisch aber für denselben ist die große Menge der ihn begleitenden Ueberreste von Schalthieren; nicht selten folgen mehrere Muschellagen, durch dünne Sandsteinmassen getrennt, nahe auf einander, manchmal sind die Schalen verschwunden und ihre Räume mit Kalkspathkrystallen ausgekleidet, überhaupt ist häufig Kalkspath in der Masse. Das Korn ist meistens fein, doch kommen auch grobkörnige Abänderungen vor, in welchen die einzelnen Körner über eine Linie messen und mit erbsengroßen Geröllen untermengt sind. — Die Nagelfluh des Muschelsandsteins hat ein Bindemittel, das theils aus kalkigem Sand, theils aus zerriebenen Muschelschalen besteht, die sich lagerweise oft so anhäufen, daß sie den Sand fast verdrängen, und indem sie gewöhnlich in verschiedenen unbestimmten Richtungen in dem Stein liegen, geben sie ihm durch ihr Ineinandergreifen eine große Festigkeit. Kalkspathkrystalle schmücken auch bei ihr, wie beim Sandstein, die Räume verschwundener Schalen aus; die grünen Theile fehlen aber. Die Anzahl der Gerölle ist geringer als in der eigentlichen und wahren Nagelfluh der Molasse, daher die Muschelnagelfluh nicht selten das Ansehen eines Sandsteins mit zerstreut eingesprengten Geröllen hat. Buntfarbige Steine des Grundgebirges herrschen vor, namentlich Granite und Porphyre, von welchen die meisten den analogen Gebirgsarten des Schwarz-

waldes ähnlich sind und wohl dorther stammen. Die Größe der Gerölle übersteigt selten die einer Baumnuß, und sie selbst sind wohlerhaltener als in der älteren Nagelfluh der Molasse. — Der Muschelsandstein und die Muschelnagelfluh wechseln mit einander ab, letztere nimmt indessen häufig die oberste Stelle ein. In der Nähe des Jura sind die Schichten im Allgemeinen gegen Süden, in der Nähe der Alpen nordwärts geneigt; die Nagelfluhschichten sind gewöhnlich stärker aufgerichtet und beobachten ganz und gar keine Regel, indem sie unter Winkeln von 20° bis 40° nach allen Richtungen gesenkt sind, während öfters die Unterlage horizontal oder nur schwach geneigt ist. Wahrscheinlich rühren diese Verhältnisse von Einsenkungen her, die erst nach der Erhärtung der Nagelfluh stattgefunden haben. Der weichere Sandstein konnte bei weithin wirkenden Hebungen eher nachgeben, und indem sie bei ihm nur sanfte Biegungen zur Folge hatten, bewirkten sie ein Bersten der dickeren, festeren Nagelfluh, die nun, regellos zerrissen, eine stärkere Neigung annahm. — Beide Steinarten führen nahe dieselben Versteinerungen, und man ist von der Mannigfaltigkeit der Thierklassen überrascht, die hier ohne Ordnung durch einander liegen. Land-, Meer- und Süßwasserthiere, Dickhäuter, Fleischfresser, Wiederkauer, Amphibien, Fische, Crustaceen und Mollusken sind regellos durch einander geworfen; die Schalthiere haben aber unter den fossilen Resten ein großes Uebergewicht. Reste von Krebsen, Schildkröten, Hirschen, Nashörnern, Hyänen sind selten, Fischzähne dagegen häufig. Von Pflanzenüberresten sind bemerkenswerth Rohrgewächse und Gräser und besonders Blätter von Bäumen, die an feuchten Orten wachsen.

Als untergeordnete Lager erscheinen Braunkohlenflötze, auf die ich noch nachher zurückkommen werde, sowie Bänke von Süßwasserkalk, der durchaus bituminös und häufig ein wahrer Stinkstein ist.

Wie schon bemerkt, ist die mächtige Sandstein- und Nagelfluhablagerung an der Nordseite der Alpen und im großen Becken des Mittellandes älter, als der Muschelsandstein, welcher nach oben mit dem angeschwemmten Land, nach unten mit der älteren Molasse in Verbindung steht und in sie verläuft. Was in anderen Becken als getrennte Formationen auftritt, erscheint im Becken des Mittellandes als eine große zusammenhängende Ablagerung. Alle Verhältnisse deuten darauf hin, daß dieses Becken eine sehr lange Periode hindurch fortwährend vom Meere bedeckt gewesen sei, aus welchem sich Massen ablagerten, die nur

an einzelnen Stellen, nach localen Verhältnissen, Süßwassergebilde einschließen, welche, im Vergleich zur Mächtigkeit und Ausdehnung der Meeresablagerungen, ganz unbedeutend sind. Im zweiundzwanzigsten Briefe schrieb ich Dir über die verschiedenen Epochen, in welchen das europäische Festland successiv über das Meer erhoben wurde, und Du erinnerst Dich wohl noch, daß dort von dem Kreidemeere die Rede war, welches durch einen langen Streifen von Juragesteinen in ein nördliches und südliches getrennt wurde. Ein Theil dieses südlichen Meeres bedeckte auch das Mittelland. In jene Zeit fällt die letzte Erhebung der Alpen, nach welcher der größte Theil des schweizerischen Beckens noch lange von dem Molassemeer, wie es jetzt genannt werden muß, ausgefüllt wurde. Erst als der Jura seine letzte Umgestaltung erlitten, floß das Meer aus dem Mittelland und den Jurathälern ab, und es entstanden Moorflächen, Seen und Flüsse, die aller Wahrscheinlichkeit nach viel größer waren, als die gegenwärtigen, während über dem trocken gelegten Boden eine Luft mit hoher Temperatur herrschte.

Die ältere Molassegruppe setzt große, ausgedehnte Gebirgsstöcke zusammen und bildet lange Gebirgszüge, von denen die südlichsten meist noch alpinischen Charakter tragen, indem ihre Richtung dieselbe ist, wie bei den anstoßenden Kalkketten, mit denen sie durch stark erhöhte, sattelförmige Plateaus oder durch hohe Querjoche zusammenhängen. Die Umrisse der Rücken sind ziemlich scharf, die dem Mittellande zugekehrten Abhänge steil, nicht selten felsig, oft auch durch Stufen unterbrochen, und an mehreren Bergen lassen sich die hervorragenden Schichtenköpfe, die zuweilen stundenweit gleichförmig fortsetzen, auch unter der Rasendecke erkennen. Der Abhang zeigt dann, wie am Speer und Schännifer-Berg, die Gestalt einer riesenhaften Treppe. Die südlichen Abhänge sind weniger geneigt, aber sehr uneben und buckelig. Große Querthäler spalten diesen den Alpen vorgelagerten Molassedamm, zu dessen vielen Bergen einer gehört, der jährlich das Wanderziel vieler Tausend Reisenden ist, der Rigi.

Sandstein und Nagelfluh sind auch im Gebiete der Molasse die herrschenden Gesteine, sind aber auf verschiedene Weise mit einander verbunden. In allen südlich eingesenkten hohen Nagelfluhgebirgen liegt die dickgeschichtete Nagelfluh auf grobkörnigem dichtem oder festem Molassesandstein und wechselt an der Grenze längere Zeit hindurch in regelmäßigen Lagen mit ihr ab. In der westlichen Schweiz ruht die Nagel-

fluh ebenfalls auf dem Molassesandstein, der zum Theil selbst unter ihr durchgreift, und wechselt in der Tiefe mit ihm ab. In den nördlich fallenden Nagelfluhgebirgen bildet die Nagelfluhmasse ungeheure, stockförmige Einlagerungen im Sandstein, über den sie da, wo sie am mächtigsten ist, in der Höhe bedeutend hervorragt, während sich an den Seiten ihre Schichten theils mit abnehmender Mächtigkeit in der Molasse ausbreiten, theils diese als kleinere stockförmige Lager umgeben. Da der Sandstein die Grundlage der Gruppe bildet und am allgemeinsten abgelagert ist, so gebührt ihm der Vorzug, wie er denn auch dem Ganzen den Namen gegeben hat. In der Nähe der Alpen trägt der Molassesandstein täuschend den Charakter sehr alter Bildungen, weshalb man ihr früher einen höheren Rang angewiesen und sie mit dem bunten Sandsteine, selbst mit dem Todtliegenden verglichen hatte. Er ist ein mannigfaches Gebilde. Der gemeine ist ein feinkörniger, kalkiger oder mergeliger Sandstein von grauer, gelber, grünlicher oder bläulicher Farbe, der in Säuren zerfällt; hier und da ist er sehr dicht, mit kleinen Glimmerblättchen gemischt, sieht dichtem Kalk ähnlich und zerfällt in Säuren nicht. Zwischen dieser Abänderung und einer grobkörnigen, welche öfters vorkommt, liegen zahlreiche Mittelstufen. In einigen Gegenden ist der Molassesandstein ganz locker und besteht aus einem feinen, durch ein kalkiges Cäment schwach zusammengekitteten Sand, so daß der Stein im Wasser leicht zerfällt, und nicht selten verläuft sich diese Abänderung in wahren Sand. Die Schichtung des Gesteins geht vom Schiefrigen bis zu mehreren Metres, und zuweilen schließen die Schichten so dicht an einander, daß sie kaum zu unterscheiden sind. Unter dem Einfluß der Witterung werden viele Abänderungen des Molassesandsteins von außen herein gelb oder braun, blättern sich ab, werden an Ecken und Kanten zerstört und das Gestein bedeckt sich mit einem lockeren Sand. Durch den Frost leiden besonders die lockeren, wassereinsaugenden Steine. Zu Fundamentsteinen taugt die Molasse wenig, besonders an Orten, wo sich durch Zersetzung thierischer Substanzen Salpetersäure erzeugt, welche ein baldiges Zerfallen des Steins herbeiführt. Frisch gebrochen ist die Molasse, wegen der Bergfeuchtigkeit, gewöhnlich weich, kann daher leicht gebrochen und bearbeitet werden; durch Trocknen an der Luft wird sie fester und nimmt eine bedeutende Härte an, so daß sie dann vortheilhaft als Baustein verwendet werden kann. Sie ist daher bei uns zu allen Arten von Gebäuden benutzt worden, und selbst zu Kunstwerken; unter anderen ist

auch der berühmte Grabstein der Frau Langhans zu Hindelbank aus Molasse gemacht. Mehrere große und historisch merkwürdige Gebäude zeigen sich aber von der Witterung stark benagt, weil bei der Wahl des Steins nicht immer die nöthige Sorgfalt beobachtet worden ist. — Ueber den petrographischen Charakter der Nagelfluh habe ich Dir im sechsundzwanzigsten Briefe das Nöthige geschrieben. Das Bindemittel ist grobkörniger als bei der Muschelnagelfluh und die Gerölle stoßen meist unmittelbar an einander. Die Festigkeit ist verschieden, wie bei der Molasse, und sowie diese in größerer Entfernung von den Alpen weniger fest ist, so ist es auch bei der Nagelfluh der Fall; am Fuß der Alpen selbst ist ihre Festigkeit oft so bedeutend, daß man nur mit großer Anstrengung einzelne Stücke losschlägt. Die Herleitung des Gesteins aus den Alpen ist sowohl wegen der Natur der Gerölle, als wegen ihrer allgemeinen Verhältnisse mit kaum zu überwindenden Schwierigkeiten verbunden; viel wahrscheinlicher ist die Annahme, welche Strömungen aus Norden herkommen und die Nagelfluh durch Vermengung nördlicher Geschiebe mit alpinischen entstehen läßt. — Auch diese Gruppe führt eine große Zahl von Versteinerungen, die aber nicht so gut erhalten sind, wie die des Muschelsandsteins. Es sind fast durchgehends Schalthiere verschiedener Gattung, unter deren Resten, besonders in den von den Alpen entfernteren lockeren Lagern, Fischzähne sich finden. Die Verhältnisse, unter denen sich die Petrefacten in der Molasse finden, sieht man am schönsten auf den beiden Aarufern zwischen Thun und Bern, am Rothsee bei Luzern und am Muschelberg bei St. Gallen.

Als untergeordnete Lager erscheinen graue und bunte Mergel und Thon, Braunkohle, Gyps und Stinkstein. Braunkohle, Stinkstein und Kalkmergel sind die Süßwasserbildungen. Die Mergellager erreichen oftmals eine Mächtigkeit von 100 bis 200 Fuß; der graue Mergel enthält immer viel Sand und kohlensauren Kalk und steht daher dem Molassesandstein seiner ganzen Beschaffenheit nach oft sehr nahe; der bunte Mergel und Thon, im reinen Zustand sehr fein, wird meist durch die Bestandtheile der Molasse verunreinigt und dadurch grob und sandig. — Gyps ist bis dahin nur zwischen Genf und Neuenburg angetroffen worden; Boudry am Neuenburgersee steht auf Molassegyps, die Fundamente seiner Häuser sind fast alle in diese Steinart eingegraben, deren Hauptmasse aus einem bläulich grauen Mergel mit kleinen Adern von Fasergyps besteht. — Die Stinksteinlager

kommen theils in Verbindung mit Braunkohle vor, theils treten sie unabhängig auf. In diesem Falle ist das Gestein dichter und heller und bildet größere Massen, welche entweder mit dem obersten Theil dieser Gruppe wechseln, oder an den Abhängen des Jura und in den Jurathälern als Decke derselben erscheinen. Einzelne Schichten sind reich an Süßwassermuscheln. Hierher gehören die Stinksteinlager von Goumöns und der Gegend von Echallens, von Boudry und von Court.

Das wichtigste dieser Glieder ist die Braunkohle, weil ihre Thierüberreste das verhältnißmäßig jugendliche Alter der Formation bezeichnen. Sie bildet selbständige Lager in dem tieferen oder mittleren Theil der Molasse, und die Thierüberreste, welche in derselben gefunden worden sind, gehören dem Biber, dem Mastodonten, einem Rhinoceros, und einer überaus zahlreichen Insektenfauna an. Sie erinnern theilweise an die Diluvialbildungen, weil aber in der Höhe mächtige Ablagerungen von Meermuscheln vorkommen, so erscheinen sie wie eine Anomalie. Thon und Mergel machen gewöhnlich die Sohle aus, mit der Kohle wechselnd und als Dach derselben tritt bituminöser Kalk auf, zuweilen auch älterer Kies und Sand, wie zu Uznach. Die wichtigsten Orte des Vorkommens dieser Molassekohle sind: Pauder, Belmont, St. Saphorin und St. Martin in der Waadt und im westlichen Freiburg, Käpfnach am Zürichersee, Uznach im Gaster und Elgg bei Winterthur. In der Kohle des letzteren Ortes ist ein Zahn von einer Rhinocerosart gefunden worden, deren Ueberreste bis jetzt nur in den Mergelablagerungen am nördlichen Fuß der Pyrenäen angetroffen worden sind. Die Landschaften zur Zeit der Braunkohlenbildung trugen, bei mancher Aehnlichkeit mit den jetzigen, doch immer noch einen abweichenden Charakter. Sie waren uneben und sonnig; Rohrgewächse, hohe Gräser und Weiden umsäumten die Gewässer, in den Wäldern erhoben zwischen mancherlei Laub- und Nadelholzbäumen und aus überall üppig emporsprossendem Unterholz einzelne stolze Palmen ihre gefiederten Wipfel, begleitet von zahlreichen Cypressen; mancherlei Thiere, darunter große Pflanzenfresser von exotischer Form, belebten die Landschaft.

Die Braunkohle erscheint bei uns hauptsächlich in zwei Abänderungen, als bituminöses und fossiles Holz, hell bis dunkelbraun, mit deutlicher Holzstructur, und als Pechkohle, schwarz, glänzend,

mit ausgezeichnet muscheligem, oder ebenem Bruch. Du darfst Braunkohlen nicht mit Steinkohlen verwechseln. Beide unterscheiden sich von einander, denn erstlich besitzt die Braunkohle einen größeren Bitumengehalt, als die Steinkohle, so daß sie beim Ritzen einen braunen Strich gibt, während das Strichpulver der Steinkohle ganz schwarz ist; die Pflanzenabdrücke in der einen und der anderen Kohle sind ferner ganz verschieden, und die Gesteine, welche die Braunkohle begleiten, sind heller als die der Steinkohle, endlich kommen in der letzteren viele Kohlenlager über einander vor, während dies in der Braunkohlenformation viel seltener ist. Diese Unterschiede lassen sich zum Theil nur durch das sehr ungleiche Alter beider Kohlenarten erklären. Es unterliegt gar keinem Zweifel mehr, daß alle Kohlenlager aus Pflanzenanhäufungen entstanden sind; dies beweisen die Pflanzenabdrücke und die deutlich erkannte Pflanzentextur, welche bei der Braunkohle oft augenfällig ist. Pflanzen häufen sich aber an, indem sie entweder über einander wachsen, wie in Urwäldern, oder von Flüssen und Meeresströmungen zusammengeschwemmt werden, oder durch Bildung von Torf. Durch die erste Art der Anhäufung können sich Kohlenschichten an Ort und Stelle bilden, wo eine üppige Vegetation in Verwesung übergeht; allein dieselben werden immer nur dünn sein, da durch Versuche und Berechnung nachgewiesen ist, daß der durch Waldvegetation gebildete Pflanzenstoff auch unter den günstigsten Umständen nie eine Kohlenschicht liefern würde, die über einen Zoll dick wäre, weil der Kohlenstoff verwesender Pflanzen durch Zersetzung und neue Verbindungen sich verflüchtigt und nach und nach verloren geht. Dagegen können mächtige Kohlenlager aus dem Holze entstehen, welches durch strömendes Wasser entweder in einen Landsee oder in das Meer zusammengeschwemmt worden ist. Wenn die Pflanzentheile ganz vom Wasser durchdrungen sind, so lagern sie sich bald bei nachlassender Strömung als Senkholz ab, und es kann sich auf solche Weise nach und nach eine außerordentliche Menge von zusammengeschwemmtem Holz ansammeln. Die Kohlenlager, die sich daraus gebildet haben, lassen immer ihren vorherrschend holzigen Ursprung erkennen, und die deutlicher erhaltenen Pflanzentheile zeigen manchmal Spuren der Beschädigung durch den Transport. Da ferner in diesen Kohlenlagern in der Regel Thierüberreste enthalten sind, so wird man aus dem Vorkommen von Süßwasser- oder Meerthieren, oder Süßwasser- und Meerthieren die Ablagerung in einem See, oder vor einer Flußmündung,

oder in einer Meeresbucht folgern dürfen. Endlich können Kohlenlager durch Torfbildung entstanden sein. Gewisse Pflanzen (Conferven, Haidearten, Binsen, Torfmoos, Wollgras, Riedgräser u. s. w.) wachsen an nassen Stellen in der Art über einander, daß dadurch viele Fuß dicke filzige Anhäufungen entstehen. Während an der Oberfläche sich die Vegetation immer fortsetzt, verwandelt sich der untere Theil in jene brennbare, bräunlich schwarze kohlige Substanz, die man Torf nennt, und welche zwischen der Rasendecke und dem Grunde von Sand oder Thon eine besondere Lage bildet, die gewöhnlich wasserreich ist und allmälig an Dicke zunimmt. Die oberste Torfschicht, der Rasen- oder Stechtorf, erscheint als ein filzartiges Geflecht von Blättern, Moosen, Wurzeln und eigentlicher Torfsubstanz; diese wird tiefer, im Moortorf, der die Hauptmasse bildet, vorherrschend und die Farbe dunkelbraun; die unterste Schicht, der Pechtorf, ist schwarz und homogen. Die Mächtigkeit der jetzigen Torflager steigt von wenigen Fuß bis auf vierzig, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieselbe unter günstigen Umständen, in beckenförmigen Vertiefungen, mehrere hundert Fuß erreichen kann. Da die Torfmoore in manchen Gegenden der gemäßigten Zone in 24 bis 30 Jahren 4 bis 6 Fuß dicke neue Lager erzeugen, indem sie alle Wachsthumsresultate ansammeln; so ist die Entstehung vieler fossiler Kohlen aus früheren Torflagern sehr wahrscheinlich. Die tieferen Theile des Torfs haben auch wirklich mit der Abänderung der erdigen Braunkohle eine so große Aehnlichkeit, daß beide oft schwer von einander zu unterscheiden sind. Ueberdies stehen viele Torfmoore an der Stelle früherer Wälder, die, bei zunehmender Versumpfung des Bodens, durch Windschläge gefällt worden sind; es kommen daher häufig auf dem Grunde der Moore liegende Holzstämme zum Theil noch erkennbarer Baumarten vor, deren Holz dunkelbraun, weich, wie halb verkohlt ist, an der Luft aber wieder erhärtet, so daß es zum Theil zu Zimmer- oder Tischlerholzarbeiten benutzt werden kann. Auf der hohen Rhone an der Grenze von Zürich und Schwyz finden sich, zwischen Sandsteinen eingeschlossen, die Ueberreste eines alten Waldes, dessen Hauptmasse aus mehreren Cypressenarten besteht, mit denen Ahorne, Weiden, Eichen, Nußbäume u. s. w. abwechseln; es ist ein Braunkohlenlager, wahrscheinlich auf dem Grunde eines alten Torfmoores. — Wenn also aus solchen Pflanzenanhäufungen fossile Kohlenlager entstanden sind, so fragt es sich, auf welche Weise dies geschehen sei? Auf den Gang und die Resultate der

Pflanzenverwesung können verschiedene Umstände eingewirkt haben: Temperatur, freier oder gehinderter Zutritt der Luft, Trockenheit oder Feuchtigkeit des Bodens und fortdauernde oder blos zeitweise Wasserbedeckung. Die elementarischen Bestandtheile aller Pflanzen sind Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, und diese Bestandtheile kommen auch in der Kohle vor, nur in anderen quantitativen Verhältnissen. Alle Pflanzensubstanzen verlieren nämlich durch Verwesung unter Wasser stets mehr Sauerstoff und Wasserstoff als Kohlenstoff, indem die beiden ersteren Elemente mit etwas Kohlenstoff als Kohlensäure und Kohlenwasserstoffgas entweichen. Durch diesen Zersetzungsprozeß bleibt also in der Pflanzensubstanz eine relativ größere Menge Kohlenstoff zurück, als sie vor demselben enthielt. So entsteht der Torf, der sich allmälig der Braunkohle nähert. Diese unterscheidet sich vom Torf dadurch, daß in derselben durch eine eigenthümliche Verbindung von Wasserstoff und Kohlenstoff sich das sogenannte Bitumen gebildet hat, das indeß bei höherer Temperatur sich selbst wieder verflüchtigt. Sind daher Braunkohlen unter einem starken Druck Jahrtausende lang der höheren Temperatur der Erdwärme ausgesetzt gewesen oder unter dem erhitzenden Einfluß plutonischer oder vulkanischer Massen gestanden; so verloren sie einen Theil ihres Bitumengehaltes und gingen wahrscheinlich in die weniger bituminöse Steinkohle über, und bei länger dauernder oder intensiverer Wärmewirkung in den fast bitumenfreien Anthracit, der in einem Theile der walliser Alpen vorkommt (25. Brief). Aus diesen Verhältnissen erklärt sich vielleicht auch, zum Theil wenigstens, der verschiedene Kohlenstoffgehalt der fossilen Kohlen; derselbe schwankt bei der Braunkohle zwischen 55 und 76, bei der Steinkohle und dem Anthracit zwischen 73 und 97 Procent. Die Kohlenbildung aus Pflanzensubstanzen ist also ein langsamer chemischer Zersetzungs- und Destillationsprozeß, bei welchem der Sauerstoff und Wasserstoff der Pflanzen als Gas oder Bitumen entweichen, und der Grad der Umwandlung scheint im Verhältniß zu stehen mit der Zeitdauer des Prozesses und dem Grad der Wärmeeinwirkung.

Ueber der Molasse, welche der Agricultur und allen Arten von Pflanzungen im Allgemeinen günstig ist, liegen ältere und jüngere Kies- und Sandablagerungen (Diluvium und Alluvium) nebst allen den noch in der Fortbildung begriffenen Formationen, wie Tuf- und Tropfsteine, Riet- und Torfboden, Lehm und Sand, Acker- und Dammerde (Humus). Die Ablagerungen von Geröl-

len oder von Sand und Lehm, welche auch in allen Alpenthälern in oft unbekannter Mächtigkeit vorkommen, finden sich den Alpen entlang in einer Breite von 5 bis 6 Meilen, und die Geröllmassen mengen sich an der äußeren Grenze dieser Zone mit Sand und Lehm und werden zuletzt durch sie verdrängt. Es sind lauter gerollte, unklar geschichtete Geschiebe, und unter den sparsam vorkommenden organischen Ueberresten findet man manchmal ebenfalls gerollte Knochen von Landthieren, aber nirgends eine Spur von Seethieren. An mehreren Orten haben diese Gerölle, welche nur für Stromablagerungen angesehen werden können, die vielen Unebenheiten des Grundes größtentheils ausgefüllt, so daß sie eine beinahe ebene Thalfläche bilden, die stellenweise gegen 100 Fuß mächtig ist, während an anderen Orten der felsige Grund entweder kaum bedeckt ist, oder aus dem Gerölle auftaucht. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß in mehreren Gegenden der Schweiz diese oft unergründlichen Geröll- und Sandmassen Ausfüllungen von alten Seebecken durch Ströme sind, und es geht aus der Mächtigkeit derselben deutlich hervor, daß sehr lange Zeiträume zu ihrer Bildung erforderlich waren. Wo die Molasse nicht zu Tag ausgeht, bilden diese jüngsten Trümmerschichten einen meist trefflichen Boden für die Vegetation, so daß die Zerstörung dieser Gesteine die Bedingung eines anderen und neuen Lebens geworden ist.

Einunddreißigster Brief.

Erratische Blöcke.

Es bleibt mir, ehe ich das Mittelland verlasse, noch übrig, Dir Einiges über Felsblöcke zu schreiben, die von jeher die Aufmerksamkeit erregt und ihrer Größe wegen lange schon als eine merkwürdige Erscheinung gegolten haben. Die meisten von ihnen haben zehn bis mehrere Hundert, viele mehrere Tausend, ja einige 60,000 bis 100,000 Kubikfuß Körperinhalt. Es sind Felstrümmer, die sowohl südlich als nördlich von den Alpen und hier in den Alpenthälern, im Mittelland von St. Gallen bis Bern und Waadt und den Alpen gegenüber auf den ihnen zugekehrten Berghöhen und in den Thälern des Jura 10 bis 20 Meilen von ihrem Stammort entfernt bald in Gruppen, bald

einzeln zerstreut umherliegen, und zwar ohne daß ihre Größe oder stellenweise Anhäufung sich verminderte. Da sie aus Gesteinen bestehen, welche von denen der benachbarten Hügel und Berge ihrer Lagerstätte ganz verschieden sind, und überall in so beträchtlicher Entfernung von ihrem Stammort gefunden werden, daß sie unmöglich direct dahin gefallen sein können, wo sie liegen; so erscheinen sie als wahre Fremdlinge in ihrer Umgebung, und man hat ihnen deshalb den Namen Findlinge, Wanderblöcke, erratische Blöcke gegeben. Die größeren unter ihnen zeigen beinahe frische Kanten und Ecken, die kleineren auch gerundete; die einen sind freiliegend, andere, zumal die gerundeten, sind von Sand und Kies umhüllt, zuweilen wie durch Riesenkräfte über einander aufgethürmt und an einigen Stellen in dicht gedrängter Menge angehäuft. Wo die Blöcke mit dem kleineren Schutt verbunden vorkommen, bilden sie mit diesem mächtige Lager oder auch Hügelzüge. Sie werden aber nicht blos freiliegend oder von Schuttland umhüllt, sondern zuweilen auch von festen Gebirgsmassen umschlossen angetroffen; wie denn voriges Jahr die Arbeiter im Tunnel von Mauremont in der Waadt mitten im Kalkfels einen Wanderblock von krystallinischer Felsart fanden, der auf einer Sandschicht ruhte. Man erkennt endlich eine lineare Anhäufung der Blöcke in horizontaler Ausdehnung, indem sie stundenweit an einem Abhang dicht vereinigt in gleicher Höhe über dem Thalboden liegen, während unter oder über ihnen sich keine finden. In dem südlich von den Alpen gelegenen Hügellande, das in die weiten Ebenen von Piemont und der Lombardei verläuft, zeigen sich ähnliche Verhältnisse, die Blöcke verbreiten sich bis in die Ebene, haben aber den ihr zugekehrten Abhang des Apennin nicht erreicht.

Dieses in allen seinen Verhältnissen merkwürdige Blockphänomen bleibt nicht auf die Region der Alpen beschränkt, sondern kommt in allen wesentlichen Punkten übereinstimmend und in noch großartigerem Maßstabe im Norden von Europa vor. Blöcke, von denen einzelne bis 50,000 Kubikfuß erreichen, und der sie begleitende Schutt werden in Finnland, Schweden, Dänemark, in Rußland und Polen, in der ganzen norddeutschen Ebene, in den Niederlanden und im östlichen England angetroffen. Ihr Verbreitungsbezirk hat die Form eines großen Fächers, dessen südlichste Grenze in Rußland etwa mit dem 56., in Deutschland mit dem 53. Breitegrad zusammenfällt. Noch bedeutender vielleicht ist die Verbreitung dieser Blöcke in Nordamerika, wo dieselben, wie in Europa, von nördli-

cheren Gebirgen abzustammen scheinen, und theils vereinzelt, theils in mächtigen Anhäufungen vorkommen, kleinere Blöcke bis zum 33., größere bis zum 40. Breitegrad. Auch die Südspitze von Amerika soll mit Felsblöcken überstreut sein, die nicht dem Boden angehören, auf dem sie ruhen.

Das Phänomen stellt sich also als ein allgemeines auf der nördlichen Erdhälfte dar, es scheint, daß um alle ihre Hochgebirge Trümmer ihrer Masse, namentlich der krystallinischen Gesteine, strahlenweise weithin durch die Thäler und über die Ebenen verstreut sind. Wenn Du nun die verschiedenen Verbreitungsbezirke der erratischen Blöcke ins Auge fassest, so wirst Du Dir leicht vorstellen, daß sie nicht alle auf dieselbe Weise an ihre jetzige Lagerstätte transportirt worden sind; denn von einem Transport derselben muß die Rede sein, weil sie in der Gegend, wo sie liegen, sich als Fremdlinge zu erkennen geben. Es ist daher begreiflich, daß seit der Zeit, als man die Bedeutung dieser großen Thatsache überhaupt aufgefaßt hatte, ein Erklärungsversuch den andern ablöste. Diejenigen derselben, welche von der Voraussetzung ausgingen, daß in den früheren geologischen Perioden ganz andere Kräfte gewirkt haben, als jetzt, grenzen ans Abenteuerliche und erinnern an Goethe's „das Wunder ist des Glaubens liebstes Kind," andere dagegen suchen die Erscheinung auf Ursachen und Kräfte zurückzuführen, welche noch jetzt wirksam sind, wenn auch nicht mehr in dem Grade, wie früher. Indem ich Dir die hauptsächlichsten Hypothesen vorführe, beschränke ich mich auf die Wanderblöcke der Schweiz, ersuche Dich aber noch, folgende drei Klassen zu unterscheiden. Es gibt Blöcke mit scharfen Ecken und Kanten, die entweder frei liegen, oder von ungeschichtetem Lehm und Kies umgeben sind. Wir werden annehmen müssen, daß diese Blöcke von ihrem Stammfels bis zu ihrer Lagerstätte transportirt worden sind, ohne eine Reibung zu erleiden, ihre Ablagerung erfolgte als ein einzelner, momentaner Act. Eine andere Klasse von Blöcken zeigt abgerundete Kanten und liegt im geschichteten Schutt. Diese Blöcke sind abgerieben und zum Theil gerollt worden, und da der sie umschließende geschichtete Kies in den meisten Fällen gleichzeitig mit ihnen abgesetzt wurde, so mußte die Ablagerung in verschiedenen Zeitabschnitten, also mit wiederholten Unterbrechungen stattgefunden haben. Eine dritte Klasse von Blöcken endlich, von der ich Dir oben ein Beispiel angeführt habe, zeigt theils scharfe, theils gerundete Kanten, und die Blöcke sind in ältere Formationen eingewickelt. Blöcke dieser Art, deren Verhältnisse mit

denen der anderen sich nicht zusammenstellen lassen, und deren Felsart gewöhnlich auf kein bestimmtes Stammgebirge zurückgeführt werden kann, bleiben hier unberücksichtigt.

Eine von den Hypothesen, welche die Vorwelt der ganzen Naturgesetzlichkeit nach verschieden von der jetzigen, als eine Welt voll unbändiger Kräfte sich vorstellt, nimmt an, daß bei Erhebung der Alpen diese Felsblöcke durch eine plutonische Schleuderkraft aufgeworfen und in ungeheuren Bögen 6 bis 10 und mehr Meilen weit fortgeschleudert worden seien. Das übertrifft nun freilich alle Schleuderkraft, welche man bisher an Vulkanen zu beobachten Gelegenheit hatte, und erinnert sehr an die bekannte Hypothese von den Mondsteinen. Man hat allerdings Beispiele, daß der Aetna zuweilen Steine bis zu 6600 Fuß Höhe geschleudert hat; aber eine Kraft, welche, die Schwere überwindend, Felsblöcke von 60,000 bis 100,000 Kubikfuß Inhalt, den Kubikfuß wenigstens $2^1/_2$ schwerer als ein Kubikfuß Wasser angenommen, in mindestens 8 bis 12 Meilen hohen Bögen fast ebenso viele Meilen weit fortgeschleudert haben soll, ist eine zu willkürliche Annahme.

Eine andere Hypothese läßt die Blöcke durch mächtige Ströme aus den Alpen in die Niederung transportiren, indem von der Mitte der Alpen her aus jedem Alpenthale, das in der Centralkette entspringt, ungeheure Fluthen ausgebrochen sein sollen, welche die Trümmer der Alpengipfel weit über entgegenstehende Berge, über Seen und entlegene Flächen verbreitet haben. So sehr auch diese Erklärung noch mit etwas Wunderbarem behaftet ist, so ist sie doch besser motivirt, als die vorige. Das Beispiel aus dem Bagnethal, das ich Dir angeführt habe, lehrt, daß bei Durchbrüchen von Wasserstauungen durch Eis in stark geneigten Thälern Fluthen entstehen können, welche selbst die größten Felsblöcke auf beträchtliche Entfernungen fortführen können. Aber freilich nur in den Thälern und bis zu ihrer Oeffnung, nicht über Seen und Hügelländer hinweg. Dennoch hat diese Hypothese einige dem Blockphänomen zugehörige Erscheinungen für sich. Oftmals sind die größeren Blöcke stumpfkantig, kleinere gerundet und offenbar gerollt. Dieses Merkmal stimmt allerdings zum wesentlichen Charakter der Strombildung, sofern die von Strömen fortgeführten Massen gerollt und dadurch abgerieben und gerundet werden. Auch der Umstand, daß in einzelnen Fällen der Schutt, welcher große Blöcke einschließt, Spuren von Schichtung zeigt, die zwar unklar, aber doch nicht zu verkennen ist, spricht für die Hypothese

der Strombildung; denn es werden in dem abgesetzten Schutt natürliche Abtheilungen herbeigeführt, indem die Ablagerung einer Stromschwelle einen gewissen Grad von Festigkeit gewinnt, ehe die einer nächstfolgenden Schwelle darauf abgesetzt wird, die sich nun von der ersteren durch eine Schichtenablösung unterscheiden wird. Freilich wird durch die Schichtung erratischer Schuttmassen die Hypothese, wie sie oben ausgesprochen wurde, modificirt, indem dieselbe mehrmals auf einander folgende Schwellen, wiederholte Fluthen voraussetzt. Andere Thatsachen sind nun aber der Annahme, daß das erratische Phänomen ein Werk von Strömen sei, geradezu ungünstig und stehen in directem Widerspruch mit dem Charakter der Strombildungen. Der größere Theil der Schuttmassen zeigt nämlich durchaus keine Schichtung; mächtige Felsblöcke liegen mit kleinern Geschieben, mit Sand und Thon in derselben Ablagerung, und an der Grenze der erratischen Bildung kommen ebenso viele der größten Blöcke vor, wie in der Nähe der Alpen. Ein Strom läßt aber die specifisch und absolut schwerern Geschiebe schneller und früher fallen als die leichtern, und jene kömmen, wenn sie anfangs mit anderen gemengt waren, tiefer zu liegen, als diese. Viele Blöcke sind so scharfkantig, als wären sie erst abgebrochen, und sind doch 10 bis 20 Meilen von ihrem Stammfels abgesetzt worden; endlich sind selbst in großer Entfernung von den Alpen nur solche Blöcke gruppenweise um einander vereinigt, die in der besonderen Art ihrer mineralischen Zusammensetzung gewissermaßen die Bescheinigung ihres Stammortes an sich tragen, indem an der einen Stelle nur Granite, an einer anderen nur Gneis, an einer dritten nur Serpentin vorkommen, wie wenn die Fluth, welche sie fortgerissen haben soll, keine Vermengung der anfänglich einander zunächst befindlichen Massen gestattet hätte, was jedenfalls eine pfeilschnelle Bewegung voraussetzen würde.

Noch ein Umstand, den ich oben nur kurz angedeutet habe, stellt der Stromhypothese schwer zu beseitigende Schwierigkeiten entgegen. Die jetzige Lagerstätte der entfernteren erratischen Blöcke ist durch tiefe Seebecken oder Thalgründe und beträchtliche Hügelzüge von ihrem Stammorte getrennt. Die Ströme müssen die Blöcke also schwebend über diese Hindernisse hinweggeführt haben; und dies würde für so mächtige Blöcke eine Geschwindigkeit erfordern, welche unter den gegebenen Verhältnissen geradezu unmöglich ist. In einem engen und tiefen Thal mit starkem Gefäll von vielleicht 1 auf 70 Fuß wird zwar eine große und mehrere

Tausend Fuß hohe Wassermasse selbst sehr große Blöcke, wenn sie am Stammort in ihrer Oberfläche lagen, mit einer Anfangsgeschwindigkeit von etwa 540 Fuß in der Secunde schwebend fortzuführen vermögen; aber wenn die Wassermasse aus dem engen Thal in ein breiteres oder in das Mittelland gekommen, so wird das Gefäll und mit wachsender Strombreite die Stromhöhe und damit auch die Geschwindigkeit abnehmen, welche, wenn der Strom z. B. aus dem Bagnethal gekommen wäre, bei Vivis, wo das Stromprofil wenigstens 4 Meilen betrüge, unter die Hälfte der ursprünglichen gesunken wäre, und bei Milden, wo der Strom 12 Meilen Breite erreicht haben würde, bereits so unbedeutend geworden wäre, daß sie in keinem Verhältniß zu der vorausgesetzten Wirkung mehr stände. Die größeren Blöcke wären beim Transport durch Ströme aus Wallis entweder im Genfersee versunken oder hätten den Jorat nicht überstiegen. Läßt man aber eine solche Fluth bis zum Jura gelangen, so müßte sie, wenn sie die Blöcke bis dorthin brächte, bei der vermehrten Breite ihres Profils, ihrer verminderten Höhe und Geschwindigkeit die Blöcke alle am Fuß des Gebirges absetzen. Allein wir finden Blöcke bis in die Höhe von 2000 Fuß über dem Thalgrund und eine Menge der größten, die theilweise aus Seitenthälern des Wallis herstammen, sind bis in die Gegend von Solothurn und Burgdorf geführt worden. Ganz denselben Schwierigkeiten begegnet man auch für die Ströme, welche man aus dem Aar-, Reuß-, Linth- und Rheinthal ausbrechen läßt, so daß also diese Hypothese sowohl mit den Thatsachen als mit der Rechnung unvereinbar ist. Wollte man aber die Wassermasse der Ströme größer, das Gefäll stärker annehmen, um die Anfangsgeschwindigkeit zu steigern, so würde in den Alpen keine Bergkette hoch genug hinaufsteigen, um diese Ströme fassen zu können, und müßte man mit Studer annehmen, daß das ganze mittlere Alpengebirge von einer Fluth überschwemmt worden wäre. Dann aber wären die Blöcke nicht den Thälern gefolgt, sondern in gerader Linie weggetragen und in ganz andere Gegenden verbreitet worden, als wir sie jetzt finden. Die Stromhypothese ist also, wie Du siehst, für alle scharfkantigen, nicht gerollten Blöcke, welche entweder frei oder in nicht geschichteten Schuttmassen liegen, nicht haltbar, und findet nur für solche Blöcke Geltung, welche abgerundet und von geschichtetem Schutt umgeben sind. — Aber wie läßt dieser Erklärungsversuch die Ströme entstehen? Durch Emporhebung der Alpen und ihrer Umgebung. Dieser plutonische Stoß soll auch das Meer selbst aufgeworfen und seinem

Abfluß dadurch die erforderliche Geschwindigkeit gegeben haben, um Stücke der bei der Erhebung zertrümmerten Alpengipfel fortzureißen. Abgesehen davon, daß ein solcher einmaliger Strom zu der Thatsache der geschichteten Schuttmassen nicht paßt, so weißt Du schon, daß große Gebirgsketten nicht mit einem Ruck aus dem Boden aufgestiegen sind, und der innere Bau der Gebirge macht es auch nicht wahrscheinlich. Die Alpen selbst sind in verschiedenen Perioden und nicht auf einmal aus dem Meere erhoben worden. Mit dem Wunder eines plötzlichen Aufsteigens der Alpen zu ihrer jetzigen Höhe fällt auch die Möglichkeit solcher Fluthströme hinweg.

Eine dritte Hypothese läßt den ganzen Raum zwischen den Alpen und dem Jura, den jetzt das Mittelland einnimmt, von einem großen und tiefen See erfüllt sein, und die Blöcke entweder von den Gehängen der Alpenthäler, in welche der See eindrang, oder von Gletschern, die bis zu ihm hinabreichten, auf seine winterliche Eisdecke herabfallen, sodann beim Thauwetter große Eisschollen, die für die Blöcke als Transportmittel dienten, durch Strömungen oder Winde an verschiedene Stellen des Ufers getrieben werden, wo sie durch Stranden die Blöcke fallen ließen. Diese Erklärung, nach welcher die erratischen Blöcke und Schuttmassen Strandbildungen wären, stimmt zusammen mit Vorgängen, welche noch gegenwärtig in nördlichen und südlichen Breiten, wo Gletscher erst im Meere endigen, beobachtet werden. Große Massen von Eis werden, wenn sie an der Küste anlangen, zuweilen abgelöst und sammt Felsblöcken und Schuttmassen von den Wogen fortgeführt; Meeresströmungen transportiren sie dann weiter, so daß solche Inseln von Treibeis aus der Baffinsbai schon nach den Azoren und vom Südpol bis in die Nähe des Vorgebirges der guten Hoffnung geführt worden sind. Diese Erklärung mag auf manche erratische Blöcke im nördlichen Europa und Amerika, nicht aber auf die in der Schweiz beobachteten Thatsachen Anwendung finden. Die erste Schwierigkeit wird verursacht durch das gleichmäßige Auftreten der Blöcke in der Lombardei, für die ebenfalls ein solcher See angenommen werden müßte. Sodann wird Dir nicht entgangen sein, daß die Blöcke lineare Anhäufungen bilden, und diese kommen in ungleichen Höhen vor; jede Blocklinie müßte daher, nach dieser Hypothese, einen verschiedenen Wasserstand bezeichnen; daraus würde eine sehr lange Wasserbedeckung folgen, und diese müßte nothwendig noch andere Strandbildungen in den verschiedenen Höhen

erwarten lassen, wovon aber im ganzen Bereich der alpinischen Blöcke keine Spur angetroffen wird. Es ist ferner nicht anzunehmen, daß die Eisschollen mit ihrer schweren Last allemal glücklich zwischen den vielen Windungen der Alpenthäler durchgesteuert und, ohne zu zerschellen, auf den offenen See gelangt seien. Die große Menge der erratischen Blöcke würde dies aber für die Mehrzahl der Fälle voraussetzen lassen; eine Menge Blöcke, welche aus Saas im Wallis stammen, liegen am Jura, jeder Transport aus diesem Thale müßte also glücklich von Statten gegangen sein, da an der Oeffnung desselben in das Hauptthal der Rhone keine Blöcke vorkommen. Am Chasseron und Chaumont sind Blöcke in einer absoluten Höhe von 3300 Fuß niedergefallen; man begreift nun nicht, warum auf dem Treibeis bei Südwind keine Blöcke über den niedrigern aargauer Jura nach Deutschland geführt worden sind, was doch bei einem solchen Niveau des Sees möglich gewesen wäre, es müßte denn sein, daß damals der östliche Jura höher gewesen wäre, als jetzt. Endlich zeigt die Ablagerung der Blöcke eine gewisse Anordnung, die man sich nicht als ein Werk des Transportes auf Treibeis denken kann; in den Umgebungen von Zürich und Baden liegen nur Blöcke aus den Glarnergebirgen, im Aargau nur solche vom Gotthard, und die westliche Schweiz enthält nur Blöcke aus dem Arve-, Rhone- und Aarthal. Ohne mit einander vermengt zu sein, sind also die Blöcke, je nach ihrer Abstammung, auf besondere Bezirke beschränkt. Wenn Du alle diese thatsächlichen Verhältnisse combinirst, so wirst Du die Ueberzeugung gewinnen, daß auch dieser dritte Erklärungsversuch, welcher in dem erratischen Phänomen der Schweiz Strandbildungen erblickt, noch sehr Vieles unerklärt und räthselhaft läßt. Eine vierte Ansicht endlich beseitigt viele Schwierigkeiten, denen die so eben betrachtete Hypothese nicht genügend begegnen kann, und noch viel weniger diejenige, welche von der Achse des aufsteigenden Gebirges weg Fluthen über die angrenzenden Länder stürzen läßt.

Bis zur Aufstellung dieser neuen Ansicht stand es fest, daß sehr weit hinauf in der Erdgeschichte die gegenwärtige Abstufung der Klimate nicht stattgefunden, daß in früheren Perioden selbst unter den Polen eine der heutigen tropischen ähnliche gleichförmige Temperatur geherrscht habe. Man schien zu der Annahme berechtigt, daß der innere Wärmequell der Erde für ihre Oberfläche allmälig versiegt, daß gleichmäßig mit der Erkaltung der Oberfläche die Schiefe der Ekliptik zur gegenwärtigen

Herrschaft über die Klimate im Großen gelangt sei, und daß sich nach und nach die Thiere und Gewächse in die Reviere gezogen, an die sie in der jetzigen Natur mehr oder weniger streng gebunden sind. Nach dieser Vorstellung sah man im Polareis und in den Firnmeeren und Gletschern der Hochgebirge gewissermaßen den grauenden Scheitel der Erde, die nach der wilden Fruchtbarkeit einer heißen Jugend auf älterer, kühlerer Lebensstufe ihr höchstes Geschöpf, den Menschen, geboren. Als nicht lange vor dem Erscheinen desselben über dem Polarkreis Palmen wuchsen und Elephanten lebten, mußte das Eis, wenn es überhaupt bestand, nach Breite und Höhe beschränkter sein, als jetzt, und man dachte sich, daß es sich allgemach zu seinen jetzigen Grenzen ausgebreitet habe, um die es nach einem bestimmten Gesetze schwankt. Nach der neuen Ansicht aber ist die heutige Fesselung des Wassers an den Polen und auf den Höhen der Gebirge gerade umgekehrt nur der Rest einer einstigen allgemeinen oder fast allgemeinen Eisbedeckung der Erdrinde. Diese Eiszeit, wie sie genannt wird, die ein unheimlich weißes Blatt in der Chronik der Erde bildet, nimmt also einen Rückzug der Lebensthätigkeit an der Oberfläche, eine allgemeine, den Tod alles Lebendigen oder einen schauerlichen Winterschlaf bedingende Erstarrung des Flüssigen an, und zwar zu einer Zeit, als kurz vorher noch unser Planet von Leben strotzte. Agassiz, der die überraschende Theorie einer Eiszeit aufgestellt, gibt die Ursache dieser plötzlichen Depression des Klimas nicht an, er behauptet nur, daß von Zeit zu Zeit auf der Erde alles organische Leben durch ungewöhnlich niedere Temperatur vernichtet worden, und daß sich dann bei erneuter Wärme eine ganz neue Schöpfung entfaltet habe. Die letzte dieser Kälteperioden sei durch immer tieferes Sinken der allgemeinen Erdtemperatur für viele Theile der Erde eine Eisperiode geworden. Im Uebrigen gründete Agassiz seine Ansicht auf den sinnlichen Augenschein; es sind physische Thatsachen, unbedeutend am einzelnen Ort, aber groß durch ihre Verbreitung, welche eine ganze Reihe von Schlüssen aufdrängen.

Diese neue Hypothese stützt sich vorzugsweise auf das Wesen der heutigen Gletscher. Du erinnerst Dich wohl noch an die Schliffflächen und Endgandecken der Gletscher, und wie beide entstehen. Folgen mehrere kalte und nasse Jahre auf einander, so kann die Gletschermasse bedeutend vorrücken, und nach Erfahrungen in den Hochthälern beträgt auch in unserer Zeit der Spielraum, innerhalb welchem der vordere Gletscherrand sich

bewegt, wenigstens 4000 Fuß. Man findet daher überall in den Hochthälern Eisschliffe in bedeutender Entfernung von den jetzigen Gletscherenden, aber auch alte Gandecken. Für Beides hatte ich Dir schon früher Beispiele angeführt, zu denen ich hier noch einige hinzufüge. Die Simplonstraße durchschneidet nördlich vom Dorfe Simplon drei alte Gandecken, deren äußerste 7000 Fuß vom Roßbodengletscher entfernt ist, eine mächtige, 600 Fuß hohe Gandecke, auf welcher mehrere Dörfer stehen, erhebt sich vor dem Seitenthal des Vieschergletschers, welcher mehr als 12,000 Fuß von derselben zurückbleibt, noch weiter vom Aargletscher entfernt ist die Gandecke am Kirchet im Meyringerthal, deren Blöcke den Baustein zu der colossalen Nydeckbrücke in Bern geliefert haben. Uebereinstimmende Thatsachen lassen sich aus vielen anderen Thälern anführen. Allein in noch weit größerer Entfernung von den jetzigen Gletschern findet man Hügelzüge, die ganz den Charakter alter Gandecken tragen, indem sie aus großen eckigen Blöcken bestehen, welche von kleinerem Gebirgsschutt eingehüllt sind. Solche Schutt- und Blockwälle finden sich unweit Bern bei Holligen und Muri in einer Entfernung von 8 Meilen von den Gletschern des Mont Velan, und noch in anderen Gegenden. Schliffflächen durch Gletschereis werden nicht nur an den Felsen der Alpen, sondern selbst am Jura an mehreren Stellen, z. B. bei Landeron angetroffen. Diese Thatsachen, die noch durch viele andere Beispiele vermehrt werden könnten, haben nun die Ansicht begründet, daß die erratischen Blöcke durch vorhistorische Gletscher verbreitet worden seien. Natürlich mußten dieselben eine viel größere Ausdehnung nach Länge und Dicke gehabt haben, als die jetzigen, weil sie, nach dieser Ansicht, die Blöcke von ihrem Stammort in den Alpen bis an ihre jetzige Lagerstätte transportirt haben, und die Eisschliffe in bedeutender Höhe über dem Thalboden angetroffen werden. Wo das Eis dieser alten Gletscher abschmolz, ließ es den Schutt seiner Moränen zurück, der in den zerstreut liegenden Blöcken und in dem eckigen Kies erkannt wird, wo das Vorderende derselben längere Zeit verweilte, bildete sich eine große Endgandecke, welche sich jetzt als wallartige Anhäufung von Blöcken und Schutt darstellt, und als Zeugen für den allmäligen Rückzug der Gletscher sind die Blöcke zu betrachten, die in verschiedenen Höhen und in ungleichen Entfernungen von ihrem Stammort vorkommen. Zur Zeit ihrer größten Ausdehnung hätten also die Alpengletscher das ganze

Mittelland bedeckt und am Jura sich bis zu einer Höhe von 2000 Fuß über den Thalgrund erhoben; der Gletscher des Rhonethales hätte sich bis unterhalb Solothurn erstreckt und mit seiner östlichen Gandecke bis Bern und Burgdorf, der Gletscher des Aarthals müßte demnach schon oberhalb Bern geendigt haben, weil sonst die Rhoneblöcke eine Mittelgandecke gebildet hätten, die Gletscher des Reußthales, der Linththäler und der Bündtnergebirge müßten sich über den mittleren Aargau, über Zürich und St. Gallen ausgedehnt haben. Durch diese Theorie erklären sich die frisch erhaltenen Ecken und Kanten der Blöcke, das regellose Durcheinander von Blöcken und kleinerem Schutt, die ungeschichteten Schuttmassen, die lineare Blockanhäufung in ungleichen Höhen, endlich die Anordnung der Blöcke nach ihrer Abstammung aus den Gebirgen von Wallis, Bern, dem Gotthard u. s. w. vollkommen gut. Die Schwierigkeiten, welche dagegen erhoben worden sind, stützen sich darauf, daß selbst unter der Voraussetzung der günstigsten klimatischen Verhältnisse die Möglichkeit eines so außerordentlichen Anwachsens der Gletscher bis jetzt weder durch die Dynamik der Gletscherbewegung, noch durch das Vorkommen so langer und dicker Gletscher selbst in den antarktischen Ländern sich nachweisen läßt.

Was aber Agassiz vermochte (vor dem, beiläufig gesagt, schon andere Naturforscher das Blockphänomen durch den Gletschertransport erklären wollten), der Welt ein neues Zeitalter in ihren Kalender zu schieben, indem er eine Periode allgemeiner Vereisung, wenigstens auf dem größten Theil der nördlichen Erdhälfte, behauptete, das ist der Umstand, daß nicht in den Alpen und dem Jura allein, sondern auch im nördlichen Europa und Amerika außer Blöcken und Schuttwällen auch deutliche Schlifflächen erkannt worden sind, und zwar nicht nur in den nördlicheren Gegenden, in Schweden, Finnland, Schottland, in Nordamerika von Neufoundland bis zum Mississippi, sondern auch am Schwarzwald, in den Vogesen und Pyrenäen. Es scheint demnach, daß fast die ganze nördliche Erdhälfte von einer Schnee- und Eiskruste bedeckt war, die aber in einer folgenden wärmeren Periode wieder schwand, so jedoch, daß die verschiedenen Gebirgszüge, während die Niederungen befreit wurden, die Haltpunkte der Eismasse und einer großen Menge von Gletschersystemen wurden, auf deren Rücken sich die Blöcke von oben herab bewegten und sich in sternförmiger Verbreitung um die Gebirge, von welchen sie stammen, ablagerten. Allmälig wur-

den die niederen, dann die höheren Gebirge eisfrei, bis nur noch die Polargegenden, die Alpen und die wenigen anderen ewigen Schnee tragenden Gebirge, als Stammhalter des Gletschereises, übrig blieben. Diese Eiszeit, wenn sie wirklich stattgefunden hat, scheint in der Geschichte der Erde als einziges Beispiel dazustehen, wenigstens findet man in den Zeiten, da die Kreidebildungen oder andere Schichten abgelagert wurden, keine Spur von Eis- und Schneewirkungen, von Eisschliffen und erratischen Blöcken. Es ist daher auch begreiflich, daß man sich mit einer solchen Zeit des Todes nicht befreunden konnte, und daher zwar ein kälteres Klima als das jetzige annimmt, aber in Folge einer größeren Ausdehnung des Meeres im Verhältniß zum Land. Die langsame Hebung von Schweden und Chili, das Einsinken von Grönland und Dalmatien sind die Stützpunkte für diese Annahme, indem man sich auf der nördlichen Erdhälfte eine einst anders vertheilte Lage der Meeresbecken denkt, in Folge welcher ein ähnlicher Wärmestand auf unserer Halbkugel herrschend gewesen sei, wie jetzt auf der südlichen, wo unter dem 56. Breitegrad auf Feuerland die Gletscher sich bis an die Küste ausdehnen. Wären aber auch einst die Temperaturverhältnisse in Folge einer anderen Wasservertheilung noch so ungünstig gewesen, so läßt sich doch daraus allein keine Depression des Klimas ableiten, wie zur Bildung von vielen tausend Fuß mächtigen Gletschern scheint gefordert werden zu müssen.

Der Jura.

Der Jude

Zweiunddreißigster Brief.

Aeußerer Bau des Jura.

Der Jura, der aus Sardinien und Frankreich in die Schweiz eintritt, begrenzt das Mittelland im Westen und Nordwesten. Da er überall um einige tausend Fuß unter der Grenze des ewigen Schnees zurückbleibt, so begegnen wir in demselben nirgends der großartigen Natur und den mächtigen Dimensionen, wie im Alpensystem. Obgleich er ein mannigfaltiges, sehr oft paralleles Bersten und Heben der Schichten mit tausend untergeordneten Querbrüchen zeigt, so besitzt er doch lange nicht den Formenreichthum und die reiche Abwechselung der Thalrichtungen, wie die Alpen, in denen die ursprüngliche Kalkdecke, aus welcher die krystallinischen Centralmassen emporragen, durch die hebenden Kräfte und gewaltigen Seitendruck durchbrochen, auf die Seite geschoben, in die Höhe gepreßt und in ihren Schichten über einander geworfen worden ist.

Die jurassischen Bildungen nehmen vom Mittelland nach Frankreich hinein eine bedeutende Breite ein, aber das Gebirgsland selbst ist schmäler. Es erreicht seine größte Breite im Berner- und Solothurnerjura und verliert, indem es durch den Aargau fortstreicht, sowohl in horizontaler als verticaler Ausdehnung. In der Schweiz ist er vorherrschend Kettenzone, doch tritt an mehreren Orten durch Hochflächen, welche von Spaltenthälern zerrissen sind, der Charakter der Tafelzone hinzu, der im deutschen Jura vorherrscht. Solche Bergplatten, die meist wasserarm und einförmig sind, treten in den Freibergen, in einem kleinen Theil vom Solothurner-, dem größeren des Basler-, des Aargauer- und Schaffhauserjura auf, und über diesen Plateaus erheben sich bewaldete, oder in hellen Felsbändern offen gelegte, giebeldachförmige Berge, ver-

einzelte flache Kuppen oder zackige Felszähne. In Solothurn, Bern, Neuenburg und Waadt hat der Jura eine von diesem tafelförmigen Bau verschiedene Gestalt erhalten und sich in Gewölbketten aufgerichtet, deren inneren Bau ich Dir nachher erklären will. Schnell zu seinen höchsten Kämmen aufsteigend, wenn man sich ihm vom Mittelland aus nähert, erweitert er sich hier in mehreren hinter einander liegenden niedrigeren Ketten, und die senkrechte Erhebung vermindert sich in der vordersten und in den hinteren Ketten mit zunehmendem Abstand von den Alpen. Es zeigt sich zwischen manchen derselben ein Parallelismus der Richtung, doch sind sie nicht ohne Zusammenhang hinter einander aufgestellt, und die meisten lösen sich gabelförmig von einander ab, oder vereinigen sich, wie im Jura von Neuenburg, in Gebirgsknoten und trennen sich wieder. Im Allgemeinen sind zwei Hauptrichtungen zu unterscheiden; die eine geht von West nach Ost aus der Gegend von Pruntrut durch Solothurn und Basel bis Aarau, von wo ein einzelner Arm sich im weiten Thal des Mittellandes in der Lägern verläuft, die andere erstreckt sich aus Frankreich durch Waadt, Neuenburg, Bern und Solothurn in der Richtung von Südwest nach Nordost bis über Olten hinaus, so daß diese letztere Richtung von der ersteren in einer schiefen Linie durchschnitten wird. Die Hauptmasse des schweizerischen Jura reicht bis zum Querthal der Aar, jenseits welcher der von jüngeren Bildungen umgebene Achenberg zwischen Klingnau und Zurzach die Verbindung mit der schwäbischen Alp vermittelt, die sich im Klettgau zu erheben beginnt und von da über den Hohen Randen in Schaffhausen mit immer wachsender Breite gegen Nordost fortstreicht.

Eine Uebersicht des äußeren Baues des Systems stellt sich etwa auf folgende Weise heraus. Die nördlichste der schweizerischen Jurakette, die Blauenkette, geht von dem Knotenpunkt des ganzen Systems im südlichen Theil des Kantons Basel aus. Sie erstreckt sich aus Osten nach Westen, trägt an ihrem nördlichen Abhang ein kleines Plateau und endigt östlich von Pruntrut an der längsten Jurakette, die Siegfried nach dem Wisenberge (3087 Fuß) zwischen Wisen, Läufelfingen, Bukten und Zeglingen benannt hat. Sie zieht von da nach Westen, entsendet bei dem schönen Erhebungskrater von Bärschwyl im Kanton Solothurn einen Seitenzweig und theilt sich zwischen den Plateaus von Pruntrut und Freibergen in drei starke Arme, von denen der nördliche, Montterrible (auch Camp-Jules-César genannt)

oder Lomont, in einem langen Zuge bis nach Besançon geht. Die Kette setzt vom Wisenberge in den weithin sichtbaren Spitzen der Geißfluh (2965 F.) und Wasserfluh (2674 F.) nach Osten fort und theilt sich dann in zwei Arme, deren südlicher über die Gislifluh (2383 F.), mit der schönsten Fernsicht im Aargau, der nördliche über den Kalenberg nach dem Wülpelsberg (mit der ehrwürdigen Habsburg) geht und von da über den Schloßberg bei Baden in dem schmalen langen Grat der Lägern (2684 F.) verläuft. Zwischen dem Convergenzpunkte der Wisenbergkette und der nach Südwest ziehenden Hauensteinkette nimmt die Paßwangkette ihren Ursprung. Von Felsgräben mehrmals unterbrochen, bildet sie vom Vogelberg (3589 F.) bis zur Rothmatt (3716 F.) eine zusammenhängende Masse, geht dann bald in zwei Zweige auseinander, die am Plateau der Freiberge endigen und deren südlicher den breiten Rücken des Raimeux (4018 F.) trägt. — Im Gebiet dieser Längenketten sind vier Plateaus zu unterscheiden. Dasjenige von Pruntrut (1500—1800 F.) ist eine trockene waldreiche Fläche, unterbrochen vom Thal der Alleine, die dem Doubs zufließt. Die Bergplatte der Freiberge (3000 und mehr Fuß) liegt zwischen der Wisenkette und der Chasseralkette, dunkle Wälder bekleiden die Bergrücken, und der Boden, von vielen schwarzen Torfrietern erfüllt, trägt einige Getreidearten, Hanf und Flachs, aber wenig Fruchtbäume. Das Plateau von Basel (841 bis 2014 F.), von vielen Querthälern durchschnitten, beginnt an den südlichen Längenketten, ist in den südwestlichen Seitenthälern der Ergolz beträchtlich erniedrigt, erhebt sich dann aber gegen das Ergolzthal und gegen Osten wieder. Wein wird fast in allen Thälern der Plateaus gebaut und gibt einen sicheren Maßstab des Klimas. Das waldige Plateau von Aargau (1000 bis 1500 F.), mit sehr vielen Thälern, deren bedeutendere, wie im Plateau von Basel, in den Längenketten ihren Anfang nehmen, ist von dem großen Querthal der Aar durchbrochen, die dem ihr entgegenkommenden Rhein zueilt, nachdem sie die beiden letzten und größten Ströme der Alpen empfangen. Fast jeder Berg dieses Plateaus hat seinen eigenen Namen, von denen ich Dir nur den Kornberg, Bözberg und auf dem rechten Aarufer den Siggiberg nenne. Weinbau wird in vielen, Ackerbau in allen Thälern dieses Plateaus getrieben. — Vom Wisenberg trennt sich nach Süden die Hauensteinkette mit dem oberen und unteren Hauenstein, welche anfänglich in

zwei parallelen Gräten, und den äußersten Rand gegen das Mittelland bildend, 11 Stunden in südwestlicher Richtung bis zum Graitery (3937 F.) und Moron (4119 F.) an den Freibergen zieht. Wo die Dünnern durch die Klus bricht, ist zwar nicht der Anfang, aber die erste beträchtliche Erhebung der Weißensteinkette, die als ein hoher und breiter Bergwall das Mittelland begleitet und noch mehr südwärts gebogen ist, als die vorige, welche eher der westlichen Richtung folgt. Aus einem schönen Circus hebt sich die Röthifluh (4304 F.) empor, in deren Nähe das Gasthaus zum Weißenstein (3949 F.) eine prachtvolle Aussicht auf die Alpenkette und den in gerader Entfernung 44 Schweizer Stunden entfernten Montblanc gewährt. Westwärts liegt der Felsgrat der Hasenmatt (4461 F.). Bei Grenchen spaltet sich die Weißensteinkette in drei Arme; der mittlere, der Hauptstamm, bildet die Kette des Chasseral (4955 F.), der südliche folgt dem Bielersee und verbindet sich theils bald wieder mit dem mittleren, theils läuft er in der Vorkette des Chaumont ob Neuenburg aus, der nördliche Arm, Montoz, endigt im Plateau der Freiberge, und in demselben ist das bekannte Felsenloch Pierrepertuis. So lösen sich also die genannten Ketten alle gabelförmig von einander ab, sich öfter in Gebirgsknoten bald vereinigend, bald wieder trennend. Die Weißenstein- und Chasseralkette bilden, wie die Hauensteinkette, unmittelbar über der nördlichen Kante des Mittellandes die vordersten Ketten. Die letztere setzt in Neuenburg zur Kette des Creux de Vent und Chasseron (4952 F.) fort. Alle diese Berge zeichnen sich durch die stets willkommene Aussicht auf die Alpen und die blauen Spiegel der Juraseen aus. Nadelholz mit Eichen und Buchen bedeckt die Höhen der letzten Kette und ihr Fuß am Neuenburgersee trägt köstliche Weinberge. Zwischen der Chasseronkette und dem Doubs lösen sich zwei andere Ketten vom Plateau der Freiberge ebenfalls nach Südwest ab, und die mittlere dieser drei Ketten trennt die durch ihre Industrie ausgezeichneten, größtentheils hoch (2200—3200 F.) liegenden Längenthäler Chaux-de-Fonds und Brevine von La Sagne und Val-Travers. In den folgenden Ketten treten allmälig andere Verhältnisse auf, und die Regelmäßigkeit, die bis dahin geherrscht hat, scheint oft wie verschwunden. Hier ist der Einfluß der Alpen am kräftigsten gewesen, der Seitendruck, der mit ihrer Erhebung begleitet war, gibt sich im Bau und der Gestalt des Jura zu erkennen. Südlich vom Chasseron beginnt mit der Aiguilles de

Baulmes (von ihren vielen Höhlen, Balmen, so genannt) eine neue Kette, die sich über den Suchet (4897 F.) und Mont d'Or nach Frankreich zieht. Sie wird bald von einer neuen Kette verdeckt, die sich bei Romain Motiers in den Vorgrund stellt und über den Mont Tendre (5172 F.) und Noirmont hinzieht. Vom Mont d'Or setzt eine hintere Kette an der Grenze von Frankreich im Risour fort, die mit der vorderen des Mont Tendre das Jourthal (la Vallée) mit seinen Seen und seiner Bergvegetation einschließt. Am Thalpaß von St. Cergues steigt die von Saussüre oft besuchte Dole (5168 F.) auf, von welcher man den Genfersee in seiner ganzen Länge überblickt und in 18 Stunden südöstlicher Entfernung den prächtigen Montblanc mit den ihn umringenden Alpen vor sich hat. Mit der Dole beginnt eine hohe, mauergleiche Kette, die nunmehr die vorderste ist, aus mehreren Kuppen und Gräten besteht und bis zur Perte dü Rhone in Frankreich geht. Man beobachtet an diesen Ketten ein staffelförmiges Abbrechen zuerst bei St. Cergues, dann bei Romain Motiers, welches sich auch später noch in den Abstürzen des Creux de Vent und der Röthifluh wiederholt, und das, in Verbindung mit der sich mehr und mehr von den Alpen entfernenden Streichungslinie des Gebirgs, zur Erweiterung des großen Thals der mittleren Schweiz beiträgt.

Man kann im Jura vier Erhebungsstufen annehmen, welche auf die Vegetation in denselben von Einfluß sind, da das Leben der Pflanzen von der Beschaffenheit und dem Nahrungsvorrath des Bodens und einer bestimmten Temperatur abhängig ist. Es versteht sich, daß dabei das allgemeine und unentbehrliche Nahrungsmittel und der Stoff, durch welchen alle übrigen in die Pflanze eingeführt werden, das Wasser, nicht fehlen darf. Die erste Stufe wird gebildet durch die niedere Region, die bis zu 1230 Fuß absoluter Höhe hinaufreicht, den Jura umgibt und in viele Thäler eindringt. Hier treffen wir eine üppige Vegetation an, die sich von derjenigen der anderen Regionen nicht nur durch die verschiedene Höhe, sondern auch deshalb unterscheidet, weil der Boden dieser Thäler aus Molasse besteht. Die charakteristischen Pflanzen sind hier Eichen- und Buchenwälder, Nußbäume, Obst und Getreide verschiedener Art; die Weinrebe, welche aus den wärmeren Ebenen an den Fuß des Jura heranrückt, steigt hier an seinen Abhängen hinauf und dringt auch in mehrere Thäler ein. Die mittlere Region steigt bis zu 2150 Fuß Meereshöhe; Eichen, seltener Wälder bildend, Buchen in

Gesellschaft von Rothtannen, am Saum des Mittellandes Weißtannen, Getreide, Obst, in den westlichen Gegenden Mais kommen auf dieser Stufe vor, auf welcher der Weinbau abnimmt und allmälig ganz aufhört. Bis zu 4000 Fuß reicht die Bergregion, in welcher Buchen und Rothtannen zusammen Wälder bilden, die in größerer Höhe aus Weißtannen bestehen, die Eiche kommt nur zerstreut vor und in einzelnen großen Stämmen der Ahorn, Gerste, Hafer und Fruchtbäume, welche aber einen geringen Ertrag abwerfen, sind die hauptsächlichsten Culturpflanzen dieser Stufe, auf welcher in etwa 3300 Fuß aller Getreidebau aufhört; Wälder und Weiden, mit welchen an vielen Stellen Torfmoore wechseln, werden mit der Annäherung an die untere Alpenregion, die bis über 5000 Fuß ansteigt, allein herrschend. In dieser vierten Region hört aller Anbau auf; Eichen und Buchen sind sehr selten oder verschwinden, ebenso der Ahorn, Weißtannen bilden Wälder, aber nicht die noch ziemlich verbreiteten Rothtannen; die Baumvegetation wird allmälig durch Gesträuch ersetzt und zuletzt gewinnen die Weiden die Oberhand, deren Benutzung aber in manchen Gegenden der Mangel an Wasser hindert, das sich entweder durch Felshöhlungen und Spalten verliert, oder in Folge unvorsichtiger Abholzung schützender Wälder verschwunden ist. Je höher die Juraketten ansteigen, desto vollständiger hat sich auf ihnen die Bergflora entwickelt, und es treten deshalb in der Richtung gegen Westen und Süden immer neue Species auf, weil in diesen beiden Richtungen die Höhen zunehmen. Nach den bisher gemachten Beobachtungen soll die mittlere Region um 17—29 Tage, die untere Bergregion um 29—42, die obere Bergregion um 42—55, und die alpine um 55—60 Tage später sein als die Region der Ebene, was nämlich die alljährlich zu gewissen Zeiten wiederkehrenden Erscheinungen in der Pflanzen- und Thierwelt betrifft. Es ist übrigens begreiflich, daß die angeführten Verhältnisse durch die Lage der Abhänge gegen die Sonne, durch die sanftere oder steilere Abdachung, durch die geogr. Breite, durch die Richtung gegen die Alpen, gegen wärmere Ebenen oder wärmeabsorbirende Ketten des Gebirges selbst u. s. w. mannigfach modificirt werden.

Die herrschende Gebirgsform im schweizerischen Jura bilden Gewölbketten, die entweder geschlossen oder zerrissen sind. Würdest Du vier bis fünf horizontal liegende Bücher Papier von den zwei Längenseiten her zusammendrücken, so daß sie sich aufwölbten, so hättest Du

ein Bild einer geschlossenen, würdest Du etwa das oberste Buch an der Stelle der stärksten Biegung mehrere Zoll lang durchschneiden, so erhieltest Du ein Bild von einer zerrissenen Gewölbkette. Die Schichtenlager derselben richten sich an dem einen Abhang auf, machen zuoberst eine stärkere oder schwächere Umbiegung und sinken am anderen Abhang wieder ein. Der bewachsene Rücken einer geschlossenen Gewölbkette stellt sich von ferne als eine lange gerade Linie dar, welcher der Mangel aller Gipfelbildung etwas Einförmiges verleiht. War die Masse der äußeren Schichtenlager zu spröde oder überhaupt unvermögend, um der Biegung folgen zu können, so zerriß sie an einer oder an verschiedenen Stellen, und es bildete sich ein längliches Kesselthal, dessen zersprengte Felswände in mauerähnlichen Gräten die tieferen Schichtenlager, welche entweder in der Mitte des Thales sich zu einem Längengewölbe umbiegen, oder, wenn sie aus leicht zerstörbaren Steinarten bestehen, einen flachen Thalboden bilden, umziehen. Bei zerrissenen Ketten wird also das Gewölbe durch die unteren Formationen gebildet, die in der Mitte der klaffenden Lücke aufsteigen, und die aus einander getriebenen oberen Lager begleiten das Gewölbe als schroffe Gräte und felsige Fluhen mit Steilabsturz gegen das Innere und sanfterem Abfall nach Außen, und die Gräte, Gewölbe und Vertiefungen (Längenfurchen, Boden) zwischen diesen und den Gräten bilden zusammen die Kette. So bekommen die zersprengten Gewölbketten eine gewisse Aehnlichkeit mit den alpinischen Centralmassen und den sie umgebenden Ketten, nur mit dem Unterschied, daß in den Juraketten ein Gewölbe von neptunischen Bildungen die krystallinischen Steinarten der Centralmassen ersetzt. Da die Längenfurchen gewöhnlich von Bächen durchflossen sind, so zeigt ihr meist unebener Boden eine reiche Pflanzendecke von Gras und Kräutern, und sie bilden daher in der Regel einen starken Gegensatz mit den Felsstufen der Gräte, auf denen sich dem Auge nur zerstreute Gruppen von Bäumen und allerlei Gesträuch darbietet.

Die größeren Thäler im Jura sind Längenthäler, weil die Schichten der sie einschließenden Gewölbketten nach entgegengesetzten Himmelsgegenden einfallen. Sie sind im Allgemeinen von beträchtlicher Länge, an ihren Enden ansteigend auf Längenjoche oder auf die Flächen der Gebirgsknoten und in der Mitte meistens erweitert; wo die Ketten, besonders die von Osten nach Westen laufenden, sich einander nähern, schließen sie sich oft schluchtähnlich zusammen und erscheinen,

wie in mehrere Theile gesondert, diejenigen hingegen, die von Centralknoten ausgehen, nehmen mit der Entfernung von denselben an Breite zu. Die Thalwände sind sanft, meistens bewachsen, der Thalboden oft uneben und hügelig und mit einer anderen Vegetation bekleidet als die Ketten, weil er aus ganz anderen Steinarten besteht. Manche derselben sind voll von Rietern und Torfmooren. Eine zweite Art von Längenthälern (Combes), die aber im westlichen und südlichen Theil des Jura, wo die Formationen andere sind, verschwinden, bestehen aus den Berg- und Wiesenthälchen, die manchmal, wo sie von Knoten ausgehen, in einander verwunden sind, wie am Wisenberg; sie befinden sich zwischen dem inneren Gewölbrücken und dem Rand der zerspaltenen äußeren Schichtenlager. Die Gewölbketten sind nicht nur der Länge, sondern auch, wie die Juraplateaus und die Kalkalpen, der Breite nach zerrissen, wodurch der innere Bau des Gebirges bloßgelegt ist. Ist die ganze Kette vollständig zerrissen worden, so entstanden dadurch Querthäler, die den Charakter der Spaltenthäler tragen. Sie durchsetzen als Engpässe mit fast horizontalem Thalboden querdurch eine und nicht selten mehrere Ketten hinter einander und kreuzen sich alsdann mit den dazwischen liegenden Längenthälern. Die senkrecht durchschnittenen kahlen Gesteinsschichten tragen auf ihren Felsenabsätzen malerische Baumgruppen von Laub- und Nadelholz und in der Tiefe des Thalbodens eilt zwischen Felstrümmern der Bach dahin. In einzelnen Fällen nehmen die Querthäler, die man gemeinhin Klusen nennt, die Gestalt prächtiger Felsencircus an, wie die Klus vom Mümliswyl, welche die Hauensteinkette, die Klus bei Balstal, welche die Weißensteinkette durchbricht; es sind große, bis an die schluchtartigen Ein- und Ausgänge rings von hohen Felsabstürzen umschlossene Kessel, die, wie diejenigen der Alpen, alle Merkmale von Einsturzthälern an sich tragen. Aehnliche Ringwälle, wohl meist mit gleichem Ursprung, kommen noch in anderen Gegenden des Jura vor. Am Eingang der Klus von Erschwyl, welche die Wisenbergkette durchbricht, und deren Zugang die kühne Burg der Grafen von Thierstein einst bewachte, treten die Felsen so nahe zusammen, daß die Straße in einem Gewölbe über den Thalbach führt. An sehr vielen Orten sind die Ketten nur theilweise zerrissen, d. h. auf der einen oder der anderen Seite derselben, wodurch Runsen, Fels- und Bachgräben (Ruz) entstanden sind. Es sind Spalten in den äußeren Schichtenlagern, die meist nach der Linie des stärksten Falls an den

Abhängen aufwärts auf den Rücken des Gewölbes oder in das Combethal, das ihn umgibt, aufsteigen, und sie können als Querthäler untergeordneten Ranges betrachtet werden. Beide, die Klusen und die Runsen, entsprechen einander vollständig oft durch mehrere Ketten hindurch, und durch weitaus die meisten führen Straßen. Auch die zahlreichen, oft engen Thäler der Plateaus sind Querthäler, deren Thalboden sich überall zum Rhein absenkt. Sie zeigen eine größere Abwechselung, als die Längenthäler des Kettenjura, und an ihren Gewässern und Straßenzügen haben sich die größeren Dorfschaften angesiedelt. — Die Ueberreste der vielen Burgen an den Ein- oder Ausgängen der Klusen beweisen, daß man schon früh deren Wichtigkeit zu Schutz und Trutz erkannt hat; bedeutender sind sie heutzutage für den Verkehr, dem sie bequeme Straßen öffnen, die sonst die Ketten und Joche übersteigen müßten; und noch wichtiger sind sie geworden für die Wasservertheilung, denn ohne die Klusen blieben die Gewässer der Längenthäler ohne Abfluß und müßten sich zu Seen aufstauen. Wo die Klusen die Mitte der Thäler treffen, wie im Jura von Solothurn und Bern, da neigt sich ihnen der Boden entgegen und führt denselben die Gewässer entgegen. Die Flüsse biegen an den Klusen oft in scharfen Winkeln um und eilen einem anderen Längenthal oder dem Mittelland zu, einige sind zu einem Zickzacklauf gezwungen, gerade wie auch einzelne Straßen, beispielsweise diejenige durch das Thal der Birs, die abwechselnd den Längenthälern und Klusen folgt, sich in diagonalem Zickzack durch die Gebirgskette hindurchwindet und bei Tavannes durch das Felsenthor Pierrepertuis aus einem Längenthal in das andere hinüberschlüpft.

Dreiunddreißigster Brief.

Geognostische Verhältnisse.

Der Jura zeigt keine Spur von Eruptivgesteinen, sondern besteht, so weit sein innerer Bau erforscht werden kann, nur aus neptunischen Sedimenten, von denen uns mehrere im Mittelland und in den Alpen nicht begegnet sind. Der Boden vieler Thäler ist zwar mit Molasse und Schwemmland bedeckt, und die oberen Straten des Gebirges selbst ge-

hören der Kreide- und Juragruppe an; aber unter denselben tritt an vielen Orten die Trias (20. Brief) mit ihren Gliedern hervor, von welcher in den Alpen wenigstens nicht alle vorkommen. Ich will mit der Aufzählung der verschiedenen Formationen von unten nach oben beginnen und Dir hierauf das Vorkommen derselben im Allgemeinen bezeichnen.

Die unterste und älteste Formation, welche wir in unserem Jura antreffen, ist der bunte Sandstein, welcher in der Reihe der secundären Bildungen auf das Rothliegende und den Zechstein folgt. Er tritt aus dem benachbarten Schwarzwald, wo er in großem ununterbrochenem Zusammenhang und ungewöhnlicher Mächtigkeit vorkommt, zu uns herüber, ist meist von rother Farbe, die für mehrere der mächtigsten und ausgedehntesten Sandsteinformationen charakteristisch ist, oder wechselt auch mit anderen bunten Farben ab, und besteht aus kleinen Quarzkörnern, die durch ein thoniges Cäment verkittet sind. Thonige oder mergelige, nur wenige Zoll dicke Schichten wechseln mit den feinigen ab. Da er, besonders die weichen thonreichen Varietäten, der Verwitterung sehr ausgesetzt ist, so ist er der Vegetation günstig, wenigstens gedeihen Waldungen gut auf seinem Boden. Die härteren Abänderungen, welche wenig thoniges Bindemittel haben, liefern ein treffliches Baumaterial, welches in Basel zu mehreren ausgezeichneten Gebäuden, dem Münster, der Pfalz, dem Museum und zum Bahnhof benutzt worden ist, und die herrlichen Münster zu Freiburg und Straßburg sind ebenfalls aus gut gewählten Quadern dieses Sandsteins erbaut. — Die wenigen Versteinerungen, die er führt, gehören fast alle dem Pflanzenreiche an und zwar denjenigen Abtheilungen desselben, die als Repräsentanten der Kohlenformation gelten; es sind Schilfe und Schachtelhalme (Calamiten und Equiseten).

Auf den bunten Sandstein folgt der regelmäßig und deutlich geschichtete Muschelkalk, der eine große Mächtigkeit, in den südlichen Ketten des Baslerjura bisweilen von 800 Fuß erreicht. Er ist rauchgrau, und bei einigem Bitumengehalt bläulichschwarz, und überall besonders reich an Wasser, während der bunte Sandstein viele Quellen entsendet. In den oberen Theilen seiner Ablagerungen herrscht oft kohlensaure Bittererde vor, und nicht selten in dem Grade, daß seine Massen dolomitisch werden; alsdann nimmt er krystallinisches Gefüge an und eine unreine weißliche oder graue Farbe. Unter der oberen, meist dünn-

geschichteten Abtheilung des Muschelkalkes liegt eine mächtige Bildung, welche in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Geognosten und Halurgen auf sich gezogen hat; es besteht theils aus Kalkstein, theils aus Mergel, Anhydrit, Gyps und darunter befinden sich Salzsteinlager, von denen manche durch Bohrarbeit entdeckt worden sind. Einen glücklichen Erfolg hatten solche Bohrversuche in der Schweiz beim rothen Haus in der Nähe von Basel, bei Rheinfelden und Ryburg. Als Beimengungen kommen in dieser Formation vor: Feuerstein, Chalcedon, Kieselnieren und im Jura von Aargau an mehreren Orten Asphalt (Erdharz). — An vegetabilischen Ueberresten ist das Gestein sehr arm, reicher dagegen an thierischen Ueberbleibseln, doch führt der schweizerische Muschelkalk derselben weniger als der deutsche, und außerdem sind sie oft schwer zu erkennen. Dahin gehören die zierlichen Gestalten der Crinoideen (Meerlilien), von denen der Encrinus liliiformis (Lilienstern) vorkommt, dessen in Kalkspath umgewandelte runde Säulenglieder an manchen Stellen ganze Bänke bilden, woraus sich vermuthen läßt, daß diese Thiere stets an den Stellen gelebt haben, wo wir ihre Reste versteinert finden; ferner Terebrateln (Bohrmuscheln), viele Arten von Pectiniten (Kamm-, Pilgermuscheln), Krebse und, obgleich sehr selten, Ammoniten (Ceratites nodosus).

Der Keuper besteht aus sandigen und thonigen Straten, in denen Gypse und Dolomite eine untergeordnete Rolle spielen. Ueberall zeigt diese Formation, welche bei uns eine Mächtigkeit von 30 bis 50 Fuß erreicht, eine ungewöhnliche Aehnlichkeit in den Gesteinen, welche sich bis auf die Farbe ausdehnt; dies und eine große Uebereinstimmung in den organischen Resten deuten offenbar auf die Aehnlichkeit der Bedingungen hin, unter welchen ihre Glieder abgesetzt würden. Ein grobkörniger Sandstein (Arkose), der bei Waldshut zu Mühlsteinen gebrochen wird, bildet das charakteristische Glied der Formation, zwischen dessen Schichten ein zerklüfteter, krystallinischer Dolomit liegt. Unter diesem Sandstein liegen Mergel, die nicht blos kohlensauren Kalk mit Thon gemengt enthalten, sondern auch kohlensaure Bittererde. Mit dem Mergel kommen ausgedehnte Lager von faserigem weißem, dichtem weißem oder rothem, oder erdigem grauem, mit Mergel verunreinigtem Gyps zusammen vor, der für landwirthschaftliche Zwecke an unzähligen Orten bei uns gebrochen und gemahlen wird. An gar vielen Orten, namentlich im Kanton Basel, bei Birmenstorf u. a. O. ist im Keuper

auch eine Steinkohle, Lettenkohle, aufgefunden worden, welche jedoch nur an der Röthifluh abgebaut wird. Wie der Muschelkalk wichtig ist durch seine Salzlager, so ist es der Keuper bei uns durch seine mineralischen Quellen, von denen die wirksamen Wasser von Losdorf, Schinznach und Baden ihm angehören. Da der Keuperboden aus einer glücklichen Mengung von kieseligen, thonigen und kalkigen Bestandtheilen besteht, so hat er im Allgemeinen einen vortheilhaften Einfluß auf die Vegetation. — An thierischen Ueberresten ist diese Formation ärmer als die vorhergehende; es kommen bei uns in derselben einige Muschelarten vor, Terebratula costata und die kleine niedliche Posidonomyia minuta. Dagegen enthält sie viele Versteinerungen aus dem Pflanzenreich: Equiseten, darunter solche von Baumeshöhe, Farren, den Farren oder Palmen ähnliche Cycadeen, Bruchstücke von fossilem Holz und eine bernsteinartige Substanz in kleinen Körnern.

Auf die Trias folgt nach oben die Juragruppe, deren Grundlage der Lias bildet. Er unterscheidet sich von den oberen jurassischen Bildungen, dem mittleren und oberen Jura, durch alle ihm zukommenden Verhältnisse, und ist auch nach unten gewöhnlich scharf von den ihn unterteufenden, vorherrschend sandigen Formationen geschieden. Seine Gesteine, in der Regel von dunkler Farbe, beurkunden eine vorzugsweise mechanische Bildung, die eingeschlossenen organischen Reste zeigen eine Schöpfung eigener Art an, über ihre oftmals aufgerichteten Schichten sind die oolithischen Straten horizontal weggelagert, endlich finden sich zuweilen in den untersten Lagen des mittleren Jura Liasfragmente eingeschlossen. Alles dies beweist, daß zwischen seiner Bildung und den oolithischen Ablagerungen ein langer Zeitraum verstrichen sein muß. — Die tiefsten Lager des Lias bestehen bei uns aus feinkörnigen Sandsteinen, die grau, oft aber, wie namentlich im Baslerjura, blutroth gefärbt sind. Die Schichten haben 2, zuweilen 8—15 Fuß Dicke, und die ganze Bildung ist in der Nähe des Schwarzwaldes am mächtigsten entwickelt, und nimmt, wie die über ihr liegende Kalksteinformation, von da aus mit der Annäherung an das Mittelland immer mehr ab. — Dieser deutlich geschichtete Sandstein, welcher durch seine Felsmassen an die Formen des Quadersandsteins, der zur Kreidegruppe gehört, erinnert, zeigt wenig zahlreiche und überdies schlecht erhaltene organische Reste meistens aus dem Pflanzenreich.

Die Liassandsteine sind von vielen dunkeln Kalksteinen bedeckt, die

$^1/_2$—$1^1/_2$ Fuß dick sind. Nach oben sind sie häufig durch Schichten von thonigem, bläulichem Mergel getrennt, der in den unteren Lagen verschwindet, wo eine im Allgemeinen bituminöse Kalkbildung von meist dunkler Farbe herrschend wird. Die Schichten dieses Kalksteins schließen zahlreiche Gryphiten (Gryphaea arcuata, incurva) ein, von denen derselbe den Namen Gryphitenkalk (Arcuatenkalk) erhalten hat, überhaupt ist er durch den Reichthum an Petrefacten ausgezeichnet, und diese Ueberreste sind über einzelne Oertlichkeiten weniger den Gattungen und Arten, als den Individuen nach in ungeheurer Menge verbreitet. Pflanzenreste enthält die Formation wenige, dagegen kommen aus dem Thierreich vor, neben den Gryphiten, eine Posidonomyenart, Pentacriniten (Nelkensterne, Crinoiden mit fünfkantigen Säulen), Terebrateln, Kreiselschnecken in großer Menge, Nautilus, Ammoniten und oft massenweise Belemniten. Die oberen Abtheilungen der Formation, welche mit thon- und kalkhaltigen schiefrigen Mergeln abwechseln, enthalten Ammoniten, Belemniten, Austern und Pectiniten, alle diese Ueberreste meist schön erhalten. — Der Lias des Jura anderer Länder birgt zu den obigen noch die Reste von anderen, viel merkwürdigeren Thieren; die Familie der Saurier, der Drachen und Lindwürmer der Jurazeit, gelangte in jener Periode zu besonderer Entwicklung und war nach Zahl und Art der Individuen weit verbreiteter, als zu irgend einer anderen Zeit. Die Saurier, welche damals die Oberherrschaft auf Erden führten, eine Herrschaft des Raubes und Mordes, waren Reptilien, ganz abweichend von allen heutigen, mit Flossen statt der Füße, oder mit Flughäuten an den langen bekrallten Vorderbeinen. Der Tyrann der Meeresbevölkerung und eine ihrer furchtbarsten Plagen war der gefräßige Ichthyosaurus mit der Schnauze des Delphins, den Zähnen des Krokodils in seinem mächtigen Rachen, dem Kopf der Eidechse, den Flossen eines Walfisches, dem Wirbelbau gewöhnlicher Fische und einem gewaltigen Schweif. Ein anderes, ebenso monströses Thier, mit dem Kopf der Eidechse vorn an einem ungewöhnlich langen Halse und den Zähnen des Krokodils, mit dem Rumpf und Schweif der Vierfüßler und den Finnen des Walfisches, war der Plesiosaurus. Nach ihnen kamen zwei andere Raubthiere und Verwüster des oceanischen Reiches, der Mosasaurus, bewaffnet mit sehr starken Zähnen, die ihm bis in den Gaumen hinabreichten, und der Megalosaurus, eine Eidechse, mit Zähnen gespickt, die wegen ihrer Anreihung wie Messer, Säbel und Säge aussehen, und welche die

Größe eines Walfisches erreichte, während der Ichthyosaurus 30—40 Fuß lang wurde. Während diese Ungeheuer die damaligen Wasser bewohnten, so lebten die Pterodactylen, geflügelte Eidechsen, die an die Drachen der Mythe erinnern, in der Luft und krönten würdig eine Wunderwelt von Thieren, welche mit der damaligen Natur in Harmonie standen, heutzutage aber unmöglich wären.

Wenn die oberen Lagen des Lias von thoniger und mergeliger, somit wasserhaltiger Beschaffenheit sind, so treten an der Grenze derselben und der untersten oolithischen Bildungen viele Quellen hervor, weil das atmosphärische Wasser schnell durch die meistens zerklüfteten Schichten der letzteren in die Tiefe dringt und erst da zum Vorschein kommt, wo Thon- und Mergelstraten oder feste Sandsteine es nicht tiefer niedergehen lassen, sondern zu Tage weisen.

Besteht der untere Jura aus der Liasformation, so bildet der untere Oolith den mittleren Jura. Die oberen Lagen haben, in Folge eines nicht unbeträchtlichen Gehaltes von Eisenoxyd oder dessen Hydrat, eine ochergelbe oder braune Farbe. Schiefrige, oft mehr oder weniger eisenschüssige Kalkschichten, dichte Kalksteinbänke und Mergellager wechseln mit einander ab, und die Kalk- und Mergellager sind gewöhnlich mit Sand gemengt, und zwar mehr als in anderen Formationen. Oft tritt der Kalkstein in mächtigen Lagern anstehend auf, und die öftere röthliche Färbung seiner Felswände oder Fluhen ist ein Product der Verwitterung und hat mehreren Bergen den Namen gegeben. Die unteren Lagen der Formation bestehen mehr aus verschiedenartigen Sandsteinen, die gewöhnlich durch Mergelbildungen von den oberen geschieden sind. Der Boden des unteren Oolithes trägt fast immer Weide und Wald, weil er meist trocken und felsig ist, die ihn unterteufenden thonigen Mergel eignen sich dagegen vorzüglich zu Acker- und Wiesenland, und oft ist die Vegetation beider Bildungen scharf abgegrenzt. — Die organischen Reste sind zahlreich: Zellenpflanzen (Agalcites); verschiedene Gattungen und zahlreiche Arten von Strahlthieren, Terebrateln, verschiedene Auster- und Muschelarten, Schnecken, Ammoniten und Belemniten.

Der obere Jura beginnt mit einem eigenthümlichen thonigen Mergel, der in England Oxfordthon genannt worden ist. Seine Mächtigkeit nimmt von den nördlichen Ketten, wo sie höchstens 20—30 Fuß erreicht, gegen die südlichen Ketten zu und steigt da, wo diese

das Becken des einstigen Molassemeeres umschließen, zu Lagern von 200—300 Fuß an. Eisenkies, kohlige Theile und Erdharz (Bitumen) sind dem Oxfordthon beigemengt, und Ausblühungen von Eisenvitriol auf seiner Oberfläche rühren von atmosphärischer Einwirkung her. — Der Reichthum dieses Gebildes an Petrefacten ist außerordentlich groß: verkieste Bruchstücke und verkohlte Abdrücke von Holz und Pflanzen; Schwammkorallen, Zellenkorallen, darunter sehr zahlreich mehrere Arten von Madreporen, Crinoiden und Echiniden (Meerigel), Terebrateln, Austern, Ammoniten, Belemniten u. s. w.

Auf den Oxfordthon folgt eine mächtige kalkige Ablagerung, der obere Oolith, welcher im Jura das größte Gebiet unter allen Formationen einnimmt. Er besteht aus gelblichen feinern und gröberen, oolithischen und dichten Kalksteinen, die in ihren untersten Lagen gewöhnlich mit merglig-kalkigen Schichten abwechseln und dadurch von jenem Thon sich nach und nach losreißen. Eine in ihnen häufig vorkommende kleine Muschel, Terebratula impressa, bezeichnet sie als selbstständige Abtheilung, auch wird in denselben die Hupererde gegraben. Ueber den Mergellagern wird der Kalkstein reiner und enthält eine so überraschende Menge von Polypen, daß er davon den Namen Korallenkalk erhalten hat. Außer diesen Versteinerungen führt der obere Oolith noch viele andere: Pflanzenreste; zahlreiche Muscheln, darunter Austern, Nerineen, woher der Nerinenkalk bei St. Croix in der Waadt den Namen hat, Terebrateln, Nautilen, Ammoniten u. a.

Der eigentliche Oolith (Rogenstein) ist eine Zusammensetzung aus einzelnen kalkigen Körnern, deren erster Kern in vielen Fällen feine Sandkörnchen waren, die in kalkhaltige Gewässer fielen, von diesen mit mehreren dünnen Kalkschichten bekleidet und nach und nach zu einem Ganzen verbunden wurden. Er ist eine Küstenbildung, und noch jetzt bildet das stets bewegte Meer, z. B. an den Küsten der canarischen Inseln, Rogensteine, indem es kleine Bruchstücke von Muschelschalen oder Lavasandkörner mit concentrischen Schichten von kohlensaurem Kalk überzieht. Die bindende Masse, welche die Rogensteinkörner umschließt, ist ein gelblicher Kalkstein, der manchmal mit ihnen so innig verschmolzen ist, daß das Gestein beim ersten Anblick mehr einem vollkommen dichten Kalkstein, als einem Rogenstein ähnlich sieht. Das häufige, wiederholte Auftreten von Oolithlagern ist charakteristisch für die Juragruppe, und in England herrschen dieselben in ihr so sehr vor, daß man sich dort

veranlaßt sah, sämmtliche Formationen, mit Einschluß des nicht oolithischen Lias, unter dem Namen Oolithbildungen zusammenzufassen.

Auf den Oolith folgen weiße oder blaßgelbe Kalksteine, die in mehrere Abtheilungen zerfallen, Portlandsteine, Kimmeridge-Thon, Schildkrötenkalk u. s. w. Mit dem letzteren, welcher im solothurnischen und ganzen südwestlichen Jura auftritt, ist in Bezug auf Versteinerungen der lithographische Kalk identisch, dessen Hauptbruchorte in den Gegenden von Pappenheim und Solenhofen, bei Nördlingen und Donauwerth in Baiern sind; sie liefern nicht blos das für die technische Benutzung geeignete Material, sondern auch einen Reichthum an charakteristischen Versteinerungen, wie man ihn in anderen Ablagerungen nicht leicht wieder findet. Im Jura der Schweiz ist aber der lithographische Kalk bis jetzt noch nirgends gefunden worden. — Die Versteinerungen, welche diese Formation führt, sind: eine große Menge Korallen im Portland, Crinoiden, Echiniden, Gryphäen, Nerineen, glatte und große Arten von Ammoniten, Zähne von Fischen der ältesten Familien, zahlreiche Schildkrötenarten, Reste von Ichthyosaurus, Megalosaurus, Pterodactylus u. a.

Bei dem Tunnelbau von Lasarraz sind neuerlich Palmen- und Lorbeerblätter, und Rhinocerosknochen, Krokodilszähne u. s. w. gefunden worden, es ist mir aber nicht bekannt, welcher Formation sie angehören.

Ueber die vorigen Formationen lagert sich vom Bieler- und Neuenburgersee den Jura entlang bis an die Rhone das Neocomien, welches als das unterste Glied der Kreidegruppe betrachtet wird und das man zuerst bei Neuenburg unterscheiden lernte. Es besteht aus Mergeln und gelblichen Kalksteinen, die durch viele Reste von Muscheln und Polypen charakterisirt sind. Im Jura von Neuenburg sind die 30—40 Fuß dicken Mergel bläulich und nehmen gegen den ihnen aufliegenden, oft 180 Fuß mächtigen Kalk eine gelbe Farbe an, in der Waadt unterscheidet man vier Abtheilungen des Neocomien. Es lehnt sich in ungleichförmiger Lagerung seiner Schichten an die Abhänge der Juraketten, deren Gipfel es indeß nicht erreicht, woraus sich eine Ablagerung desselben zwischen zwei Hebungen des Jura schließen läßt. Wo es den Grund der großen Längenthäler ausfüllt, ist es durch jüngere Steinarten, die es ebenfalls in abweichender Lagerung bedecken, oft gänzlich unsichtbar geworden. Als fremde Einlagerungen enthält das

Neocomien Kohlen, Schwefelkiese und Asphalt, außerdem zahlreiche Petrefacten von Meersternen, Terebrateln, Schalthieren, Ammoniten, Nautilus und viel Zähne von Fischen, die den gleichen Familien angehören, wie diejenigen der vorigen Formation.

Wichtig ist das Vorkommen der Bohnerzlager im Jura, deren Erz, weil es keinen Schwefel enthält, im Allgemeinen ein vortreffliches Eisen gibt und deshalb vielen Hohöfen ein erwünschtes Schmelzmaterial liefert. Diese Lager breiten sich aus Frankreich vom Genfersee her über die Waadt, Neuenburg, Bern, Solothurn, Basel, Aargau und Schaffhausen, über den deutschen Jura und den Schwarzwald aus, werden aber bei uns mit Vortheil nur abgebaut in Bern, Solothurn und Schaffhausen. Sie werden vom Neocomien, oder von der Molasse, oder von noch jüngeren Bildungen bedeckt und gehen hier und da auch offen zu Tage aus. Man findet sie an Abhängen und auf Plateaus des Jurakalkes, in einem meist rothen oder gelben, zuweilen auch blauen, grünen oder weißen Thon, in welchem das Bohnerz bald dicht gedrängt, bald zerstreut, fest eingebacken oder nur locker angetroffen wird. Es füllt mit dem Thon entweder die muldenförmigen Vertiefungen der oberen Juragehänge, oder innere Spalten, Höhlen und Kanäle des Kalkgebirges aus, und besteht aus schalig abgesonderten Körnern von Hirskorn- bis Eigröße. Die Mehrzahl dieser Körner und Kugeln ist Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat), der gewöhnlich mehr oder minder mit Thon gemengt und ein wahrer Thoneisenstein ist. Oft auch besteht das Erz aus Rotheisenstein, mitunter aus Kieseleisenstein, einer chemischen Verbindung von Kieselsäure mit dem Oxydul des Eisens (Eisenoxydulsilicat). Das Bohnerz verdankt seine Entstehung eisenhaltigen Wassern, aus denen noch jetzt sich Eisenocher absetzt, der im Laufe der Zeit zu Lagern von Brauneisenstein anwachsen kann. Auf gleiche Weise, wie der Rogenstein, bildete sich in stark bewegten Quellwassern das Bohnerz, indem die Ochertheile Sandkörner oder kleine Fragmente ihrer eigenen Masse mit concentrischen Schalen überzogen und auf diese Weise Kügelchen oder Knollen dieses Eisenthons hervorbrachten, die sich in den Klüften des Jura absetzten, wo sprudelnde Eisenwasser ihrer Bildung günstig waren. Wenn diese Bohnerzbildung vielleicht vor die Kreideperiode gesetzt werden muß, so gehören spätere Ablagerungen, hervorgegangen aus der theilweisen Zerstörung und Abspülung der ursprünglichen Bildung, verschiedenen und zum Theil relativ neuen Epochen an.

Du hast im vorigen Briefe gesehen, daß der Jura, wenn man seine Längenrichtung von Nordosten nach Südwesten verfolgt, in seinem äußeren Bau eine wesentliche Umgestaltung zeigt, und dasselbe ist auch der Fall mit seinem inneren Bau, mit der Entwicklung und dem Sichtbarwerden seiner Formationen. Am nördlichen Rande des Schweizerjura treten die unteren Grundbildungen zu Tage; der Steinsalz führende Muschelkalk ist bei Basel-Augst, und der bunte Sandstein bei Rheinfelden und Waldshut bloßgelegt. Es scheint die Hebung des benachbarten Schwarzwaldes auch auf das Aufsteigen dieser älteren Formationen diesseits des Rheines eingewirkt zu haben. Diese tieferen Bildungen treten aber auch im Inneren des Gebirges zu Tage, wo seine Gewölbketten auf ihren Rücken tiefer aufgespalten sind. Dies ist der Fall im Bernerjura, in Solothurn, Basel und Aargau, und zwar in den nördlicheren Ketten immer häufiger und mit zunehmender Ausdehnung. Im Grund der durch die Zerspaltung entstandenen Thäler sieht man, je nach der Energie, mit welcher die Hebung erfolgte, entweder nur Lias, oder Keuper, oder, besonders in den nördlicheren Ketten, Muschelkalk entblößt. Die Wisenbergkette, auf welche die Kräfte, welche den Jura gehoben haben, mit großer Intensität gewirkt haben, und welche sich östlich durch Aargau, westlich über den Montterrible verlängert, ist schon bei Pruntrut bis auf den Lias und Keuper hinab zersprengt, und östlich davon sieht man den Muschelkalk in einer Linie, welche über Waldenburg, Läufelfingen, Schinznach, Habsburg bis an die Ostseite des Reußthals fortsetzt, als innerste, vielfach zerspaltene oder verworfene Masse zu Tage treten. Wo die Weißensteinkette aus der Niederung des Mittellandes aufsteigt, ist die Grenze der bloßgelegten Triasformationen; von dem Abfall der Röthifluh bis Wietlisbach taucht zum letzten Mal Keuper und selbst noch Muschelkalk unter dem Lias hervor, der hier mächtig entwickelt ist, dessen tiefste Lager aber, die Sandsteine, vom Schwarzwald gegen das Mittelländ immer mehr abnehmen.

Der zum oberen Dolith gehörende Korallenkalk ist besonders im nordwestlichen Jura von Bern und Basel vorherrschend, wo sich ein ganzes Plateau von Korallenbänken in mehreren Formationen über einander verfolgen läßt. Man muß daraus schließen, daß dort längs des Küstengebietes des oberen Doliths Untiefen gewesen sein müssen, während von Solothurn bis Genf die Tiefmeerbildungen die Oberhand be-

halten. Der unter dem Korallenkalk liegende Oxfordthon ist am mächtigsten entwickelt in den das Mittelland einschließenden Ketten.

Wenn die unteren Grundbildungen um so mehr hervortreten, je weiter man nach Norden vordringt, so nehmen umgekehrt die jüngeren Formationen in der Richtung nach Süden immer mehr überhand; es ist, wie Studer bemerkt, als ob die stärkere Hebung des Bodens das alte Meer zurückgedrängt und die Ablagerung jüngerer Formationen auf den Süden beschränkt hätte. Die Portlandsteine und der Kimmeridge-Thon treten im ganzen südlichen Jura auf, und man findet sie nördlich noch bei Pruntrut und Delsberg, bei Solothurn und Aarau, sie dringen aber weder nördlicher noch östlicher vor. Aehnliche Verhältnisse zeigen die Kreidebildungen, deren nördliche Grenze in den Bergen des St.-Immerthals und bei Biel ist. Sie zeigen sich anfangs nur am tieferen Abhang der Ketten, steigen dann weiter südwärts immer höher, wo sie die jurassischen Ablagerungen in oft bedeutender Mächtigkeit bedecken und häufig den Rücken der Gewölbe bilden. Die Kreidebildungen des Jura haben sich offenbar aus demselben Meere abgelagert, aus dem so mächtige Massen in den nördlichen Kalkalpen abgesetzt worden sind, und es scheint sich daher das Kreidemeer quer durch den Jura erstreckt zu haben und im Norden von einer Küstenlinie begrenzt worden zu sein, die von Biel aus nahe am nördlichen Fuß der Alpen durch das Mittelland zog.

Eine interessante Erscheinung sind die vielen Höhlen (Grotten, Balmen), welche im Jura, wie in anderen Kalkgebirgen, vorkommen. Sie erstrecken sich oft in mannigfach gewundenen Gängen ins Innere der Berge, bestehen nicht selten aus mehreren Grotten, die mit einander in Verbindung stehen, und sind gewöhnlich mit Kalksinter ausgekleidet, der Schichten von Linie- bis Zolldicke bildet, meist krystallinisch ist und große Festigkeit hat. Er entsteht aus Wasser, welches das Gestein durchsinkt und viel kohlensaure Kalkerde enthält, die sich an der Decke, den Wänden und dem Boden der Höhle ausscheidet, wobei die Adhäsion bei der Fixirung des Niederschlags eben so wirksam ist als die Schwere, ja dieselbe ganz aufzuheben scheint, indem sich sogar an überhängenden Wänden Niederschläge bilden. Die Masse, die nach Entweichung der sich auflösenden Kohlensäure gebildet wird, ist der Kalksinter. Weil sich das herabträufelnde Wasser gewöhnlich mehrere Kanäle an der Decke offen behält, so wird der Sinter an der Oberfläche

des herabhängenden Tropfens ausgeschieden, und es bildet sich eine an der Decke haftende Röhre, die sich am unteren Ende und ringsum von der Seite vergrößert und als dicker Zapfen, Tropfstein (Stalaktit), erscheint und zuletzt eine Säule bilden kann, die den Boden erreicht. Gewöhnlich steigt dem Stalaktit eine kegelartige Erhöhung, ein Stalagmit, entgegen. Die Höhlen müssen als erweiterte Gebirgsspalten, als Einsenkungen und Einstürzungen der Schichten betrachtet werden, einige können auch durch Auswaschungen entstanden sein, wie vielleicht die Höhlen von Arlesheim unfern Basel. Viele Höhlen des Jura sind in ihrem Inneren mit Wasser oder Eis erfüllt, und sind dann Wetterhöhlen, denen im Sommer kalte, im Winter warme Luft entströmt. In den nördlichen Ketten kommen die Höhlen nicht so häufig vor, wie in den südwestlichen, wo mehrere derselben bei Motier im Traversthale, in der Gemeinde Cote-aux-Fees, unfern Orbe Grotte-aux-Fees u. s. w. sind.

Wenn Du einen vergleichenden Blick auf die Petrefacten des Jura wirfst, so wirst Du finden, daß die organische Natur während der ganzen Periode der jurassischen Ablagerungen es noch nicht zu der Formenreihe warmblütiger Rückgratthiere gebracht hat, welche die tertiären Schichten auszeichnet und sie dadurch der Gegenwart ähnlich macht. Dennoch legen die großen Reptilien, welche in der Juraperiode die vorherrschenden Formen werden, durch ihr Familienleben einen höheren Stand in der Thierscala an den Tag als die Thiere der älteren Formationen, in denen es die Natur nur bis zu den Fischen gebracht hat, und deuten zugleich auf die zunehmende Wichtigkeit des Landes hin. Erst in der tertiären Epoche feiern die Festlande ihren Triumph; denn diese Periode erblickt zuerst das Entstehen der Säugethiere, deren Leben fast ausschließlich an das Land geknüpft ist, auf welchem nunmehr alle verschiedenen Thiergemeinden feste Wohnsitze bekommen. Suchen wir uns eine Landschaft der Juraperiode zu vergegenwärtigen, so finden wir, bei noch allgemeiner hoher Temperatur, auf dem Lande eine ganz andere Vegetation als jetzt, die durch größere Pflanzenfresser ungestört war. An den Meeresküsten, wie auf den flachen Koralleninseln, standen Cycadeen mit breitem gefiedertem Laube, Palmen und Farren in Gruppen beisammen, darunter Zamiten mit gefiederten Kronen und zapfenförmigen Früchten, und rings um diese Bäume niedriges Buschwerk, das aus Cycadeen und Farren bestand. Auch die Thierformen wichen noch immer, und zum Theil bedeutend, von den jetzigen ab. Im Meere bauten

Milliarden von Korallenthierchen an ihren steinernen Riffen, Seesterne und Meerigel der verschiedensten Art schwammen lustig umher, während Crinoiden, fest am Boden sitzend, ihre Arme nach Nahrung ausbreiteten. Unter ihnen lebten zahlreiche Ammoniten und Belemniten, die später, in der Kreidezeit, verkrüppeln oder seltener werden und nach derselben gänzlich verschwinden, neben ihnen Fische und ein ungeheures Heer von Krebsen und ein- und zweischaligen Muscheln. Aber unter diesen harmlosen Geschöpfen lauerten die greulichen Gestalten der Saurier überall auf Raub. Unzählige Scharen von Polythalamien und anderer mikroskopischer Thiere lieferten durch ihre Kalkgehäuse das Material zu den Kreidefelsen. Das Innere der Continente war in der Juraperiode noch vielfach von Meeren durchschnitten, in unserer Gegend war der Jura nördlich und südlich vom Meere umspült. Aber nach der Kreideperiode, und noch mehr nach der tertiären Zeit vermehrte sich die Anzahl der Länder, sie gewannen an Ausdehnung und Festigkeit, die Gebirge hoben sich höher empor, das Seewasser schwand, nach dem Austrocknen der tertiären Wasserbecken, aus dem Innern der Festlande und wurde durch das atmosphärische Wasser ersetzt, welches anfing in längeren Strombahnen über die Erdoberfläche zu fließen, die Thäler auszuhöhlen, die Abdachung zu regeln und den Boden durch seine Anschwemmungen zu einem Fruchtboden auszugleichen. Je mannigfaltiger also im Laufe der Erdentwicklung die Gegensätze wurden, desto mannigfaltiger wurden, mit der Steigerung der Lebensthätigkeit, die Gebilde der Natur und ihre relative Beziehung zu einander.

Vierunddreißigster Brief.

Die Entstehung des Jura.

Man hat früher geglaubt, bevor der Schweizerjura genauer durchforscht worden war, daß derselbe hinsichtlich seiner Erhebung auf einer tieferen Stufe der Vollendung stehen geblieben sei, indem die plutonischen Kräfte auf ihn gar nicht oder nur mit einem geringen Grade von Intensität eingewirkt hätten; man betrachtete das System des Jura überhaupt gar nicht als eine selbstständige Gebirgserhebung, sondern als eine bloße

Faltung der Erdrinde, als aufgeschobene und zu Gewölbketten gestaltete Gebirgswellen, entstanden durch den beim Aufsteigen der Alpen auf diesen Theil der Erdrinde ausgeübten Seitendruck. Man suchte die Ursache dieser wellenförmigen Zusammenschiebung des Bodens, wofür man den Jura hielt, nirgends unter ihm selber, sondern lediglich in diesem Seitendruck, und begründete diese Ansicht mit dem Parallelismus der Ketten, mit dem Aufgeborstensein der converen Scheitel der Gewölbe, mit dem analogen Bau der Längenthäler, mit dem gänzlichen Mangel von Eruptivgesteinen, endlich mit dem Umstande, daß das Gebirg diese Faltung nur den Alpen gegenüber zeige, nördlich aber in ein welliges Tafelland übergehe, und daß die den Alpen entgegenstehende Kette die höchste sei. Allein die Ketten erheben sich theils nicht ohne Zusammenhang hinter einander, theils lösen sich viele derselben gabelförmig von einander ab, oder vereinigen sich in Gebirgsknoten und trennen sich wieder, und die Weißensteinkette mit ihren äußersten Verzweigungen in Neuenburg und der Waadt bildet mit der mehrfach vertheilten Wisenbergkette einen westwärts geöffneten Winkel, in welchem die Paßwang- und Hauensteinkette eingeschlossen ist. Gerade dieser Bau stellt der Annahme, daß der Jura gleichsam nur ein Appendix der Alpen sei, große Schwierigkeiten entgegen. Es müssen hier andere Kräfte als ein bloßer Seitendruck gewirkt haben, der behauptete durchgängige Parallelismus der Ketten ist nicht vorhanden, und daß das Gebirg an mehreren Orten deutlich entwickelte Ausbruchs- und Erhebungskrater zeigt, verräth eine selbstständige Wirksamkeit der plutonischen Kräfte. Damit soll indessen nicht behauptet werden, daß die Erhebung der Alpen gar keinen Einfluß auf den Jura ausgeübt habe, im waadtländer Jura wenigstens scheint derselbe nicht bestritten werden zu können; dessenungeachtet muß die äußere Gestaltung der jurassischen Gebirgszone im Großen und Ganzen als unabhängig von den Alpen betrachtet und die Ursache ihrer Erhebung unter ihr selbst gesucht werden. Was den Umstand betrifft, daß von den verschiedenen Ketten die den Alpen nächste zugleich die höchste ist, so erklärt sich derselbe eben so gut dadurch, daß die hebenden Kräfte hier eine größere Energie entfaltet haben.

In dem Winkel, den die Wisenberg- und Hauensteinkette einschließen, zwischen Olten und Waldenburg, ist der Hauptknoten des Jura, von dem die anfänglich in einander verschlungenen Längenketten nach Osten, Westen und Südwesten auslaufen und mit zunehmender Entfer-

nung sich in immer zahlreichere Arme verzweigen. Auf jene Gegend hat die bewegende und hebende Kraft mit mächtigem Drange eingewirkt, so daß selbst die Schichten des nordöstlichen Jura, die sonst fast wagrecht liegen, die Wirkung des Stoßes oder Druckes von unten erfahren haben, da sie auf eine bedeutende Strecke geneigt sind. Dort erhebt sich die Kuppe des Wisenberges, von welchem die mächtigste und längste Kette des Jura mit ihren Armen den Namen trägt, von dort zieht sich die Paßwangkette nach Westen und die Hauenstein- und Weißensteinkette mit ihren Verzweigungen nach Südwesten. In der Gegend dieses Gebirgsmittelpunktes muß daher die Hebung ihren Anfang genommen haben, und hat sich dann, indem sie in mehreren Linien nach Westen und Südwesten vorrückte, weiterhin immer mehr in die Breite vertheilt und die Schichtgesteine des Bodens zu Gewölben aufgerichtet.

Man kann zwei Klassen von Hebungswirkungen im Jura unterscheiden. Die Felsschichten sind entweder, wie dies auch in den Alpen vorkommt, durch einen Riß, der sich in der Richtung der Hebung erstreckt, von unten nach oben in zwei Theile gespalten, oder sie sind zu Gewölben aufgetrieben worden. Im ersteren Fall ist entweder der eine Theil über den anderen emporgehoben worden, und die Schichten des gehobenen Theiles zeigen eine geneigte, die des anderen eine horizontale Lage, oder die Schichten beider Theile sind gehoben und geneigt, wobei manchmal die eine Schichtenseite gekrümmt und theilweise zertrümmert worden ist. Im zweiten Fall, wenn der Boden zu Gewölben erhoben worden ist, hat sich die hebende Kraft in verschiedenen Graden der Intensität kund gegeben. Wo die Erhebung am schwächsten war, blieben alle Schichten gewölbt und geschlossen, sie bilden zweiseitige Ketten, in denen die jüngsten Formationen, oberer Dolith und Korallenkalk, zu Tage treten. Wirkte die hebende Kraft stärker, so wurden, wie ich Dir oben schon beschrieben habe, die jüngeren Formationen, welche der Biegung nicht mehr zu folgen vermochten, zersprengt und an verschiedenen Stellen der linear vorrückenden Hebung aus einander getrieben, sie bildeten steile Felsabstürze und in der Tiefe der entstandenen Lücke bildeten die unter den zerrissenen Schichten liegenden Kalksteine des oberen Doliths das geschlossene Gewölbe. Drangen bei noch stärkerer Hebung die Mergel und Schiefer des Oxfordthons, des Lias und Keuper mehr als vorher in die Höhe, so wurde auch der Dolith, und, was gewöhnlich der Fall ist, die Oxfordbildung zerrissen und in schroffen Fluhen auf die Seite

geschoben, und der untere Dolith bildete nun das Gewölbe, das in vielen Fällen die aufgerichteten einseitigen Schichten des oberen Doliths und Orford überragt. Aber auch dabei ist die hebende Kraft nicht stehen geblieben; auch der untere Dolith ist sehr häufig durchbrochen worden durch den Lias und Keuper, der nun zwischen den steilen Dolithgräten zu Tage ging. Da aber an sehr vielen Stellen der Gewölbketten selbst der Muschelkalk bloßgelegt ist, so hat zuletzt auch dieser das Lias- und Keupergewölbe zersprengt und sich zwischen die Abstürze dieser Gesteine zu Tage gedrängt. In diesem Falle hat die hebende Kraft die größte Energie entwickelt, und man steigt alsdann nicht selten durch mehrere stufenweise zerrissene Ränder äußerer Gewölbe zum Rücken des Centralgewölbes, der aus Muschelkalk besteht.

Man kann die Stellen, wo durch Zersprengung der äußeren Schichten Kesselthäler (Circus) entstanden sind, Erhebungskrater nennen, insofern durch einen Stoß oder Druck von unten die oberen jüngeren Ablagerungen gesprengt und aufgerichtet wurden. Sie sind also den gewöhnlichen Erhebungskratern ähnlich, wie sie in vulkanischen oder solchen Gegenden vorkommen, die alle Merkmale früherer vulkanischer Thätigkeit an sich tragen und bei denen eine große Fläche, ohne daß ein Ausbruch erfolgte, durch einen centralen Stoß zu einem Kegel emporgehoben wurde, in dessen Mitte eine mehr oder weniger runde Vertiefung entstand, von welcher die Gesteinslagen nach der Außenseite ringsum abfallen. Die Erhebungskrater im Jura unterscheiden sich von den letzteren dadurch, daß sie erstlich eine elliptisch verlängerte Gestalt haben, gebildet durch diejenigen Formationen, welche in concentrischen Bogen die älteren als schroffe Fluhen umgeben, weil der Stoß, durch den sie entstanden sind, nicht central, sondern linear gewirkt hat, und daß zweitens bei ihnen mitten zwischen jüngeren Formationen ältere und tiefere an die Oberfläche gedrängt worden sind, wodurch sie eine gewisse Aehnlichkeit mit Ausbruchskratern bekamen. Es ist daher auch ganz natürlich, daß aus den jurassischen Kratern Ketten entstanden sind, weil der linear wirkende Stoß und die von unten aufdringende Masse den Boden nicht kegelförmig, sondern der Länge nach zu Gewölben aufrichten mußte, deren obere Schichten stellenweise zerrissen, wo die hebende Kraft gewaltiger wirkte. Im Gegensatz zu diesen Erhebungskratern erscheinen manche Klusen, wie diejenigen von Balstal, Mümliswyl, Aarburg, als Ausbruchskrater, bei denen der Stoß von unten central gewirkt hat, so

daß sich daraus keine Ketten entwickeln konnten. Diese Kessel zeigen in ihrer von Felsabstürzen umstellten Mitte kein Gewölbe, sondern einen flachen Boden, wie man auch bei vulkanischen Ausbruchskratern zu beobachten pflegt, daß ihr Boden nach starken Ausbrüchen zu einer größeren Tiefe einsinkt, wenn die Spannung der Dämpfe und damit die nach oben treibende Kraft erschöpft ist. Uebrigens sind die Krater nicht die einzigen Beweise für die Hebung des Jura durch plutonische Kräfte. Es sind Dir wohl schon die Abstürze, welche sich wie Felsenbänder aus der Vegetation herausheben, und die man im Jura häufig sieht, aufgefallen; sie haben im Allgemeinen an der Weißensteinkette eine nach Süden, an der Wisenberg- und Blauenkette eine gegen Norden geneigte Richtung, und an den beiden mittleren Ketten des Hauensteins und Paßwang schwanken sie zwischen beiden Richtungen und stehen gewöhnlich senkrecht. Dies stimmt vortrefflich mit der Annahme einer selbstständigen Hebung des Gebirgs überein; denn diese Richtung der Felsbänder hat im Querdurchschnitt große Aehnlichkeit mit der eines nach oben geöffneten Fächers, dessen Schichten nur durch Druck und Hebung von unten diese Stellung konnten erhalten haben. Das Alter der zu Tage tretenden Formationen liefert denselben Beweis und belehrt uns zudem über die Richtung, in welcher die Hebung vorgeschritten ist. In den Gewölben, welche in der Nähe des Hauptknotens sind, treten die tiefsten Formationen an die Oberfläche, in weiterer westlicher Entfernung werden diese von den jüngeren verdrängt, und in noch weiterer Entfernung verschwinden auch diese ganz oder theilweise, indem die jüngsten an ihre Stelle treten. Aus diesem mit der Entfernung vom Centralknoten wechselnden Zutagetreten der älteren und jüngeren Formationen ergibt sich unwidersprechlich ein Fortschreiten der Hebungen aus Ost und Nordost nach West und Südwest. Dieselben haben sich, unabhängig von der andauernden Hebung, die in den Zeiten der Ruhe stattfinden konnte, zu verschiedenen Malen wiederholt.

Siegfried hat in seinem vortrefflichen Buche über die Schweiz diese verschiedenen Hebungen so klar gezeichnet, daß ich nichts Besseres thun kann, als Dir seine Darstellung hier wörtlich mitzutheilen. „Diejenige Hebung, durch welche das Gebirge seine jetzige Gestalt erhielt, muß zwischen das Ende der jurassischen (Portland) und den Anfang der Kreideperiode gesetzt werden. Damals bildete sich der Centralknoten mit allen Ketten, die aus ihm entspringen, bis in die Gegend von Neuen-

burg. Ihre Seiten wurden von den Bohnerz haltenden Wassern bespült, welche, da die Klusen noch nicht vorhanden waren, in Seebecken eingeschlossen blieben und in keiner Verbindung standen mit den äußeren Meeren. In der Zeit also, da sich vom Neuenburgischen an südwärts die Kreide (Neocomien) ablagerte, die Formation, welche in dieser Gegend aufzutreten beginnt, auf eine Küstenbildung hinweist, und in abweichend geneigter Schichtung dem Jura aufliegt, war dieser in seinem nördlichen Theile (Bern, Solothurn, Basel, Aargau ꝛc.) trocken gelegt; er war hier ein Festland, das sich von den Vogesen und dem Schwarzwald, damaligen Inseln, ohne Unterbruch nach der oberen Saone und gegen Neuenburg hin erstreckte. — Nach der Kreidezeit scheint dann der Jura gegen Südwesten hin in eine rasche Entwicklung eingetreten zu sein, der Boden unter anderem sich hier gehoben zu haben, während er gegen Nordosten hin gesunken sein muß; zugleich scheinen bei erneuter und verstärkter Thätigkeit der Krater die epigenirten Gesteine entstanden zu sein. Nur durch diese Senkung und Hebung kann man sich das Eindringen der Molassemeere in die Jurathäler erklären. In jener Zeit war der Jura Festland, mit riesenhaften Dickhäutern, Wiederkäuern und Fleischfressern bevölkert und von Meer- und Süßwasserbecken durchschnitten, je nach der größeren oder geringeren Verbindung zwischen diesen inneren Wasserbecken und den äußeren Meeren des Mittellandes und der Rheinebene. Diese diente als Verbindungskanal zwischen den tertiären Meeren im Norden und Westen der Vogesen und des Schwarzwaldes; jenes war lange Zeit ein Arm des Mittelmeeres." Wie weit sich dieses damals erstreckte, weißt Du aus dem zweiundzwanzigsten Brief. „Ein zweiter Kanal scheint zwischen Jura und Schwarzwald durchgezogen zu sein, ein dritter begleitete die Birs und stellte so eine Verbindung her zwischen verschiedenen inneren Molassebecken. Ein Theil dieses Kanals ging hinter der Weißensteinkette durch und floß in das große Molassemeer der Mittelschweiz durch die Klus aus (bei Balstal). Auch andere Klusen dienten schon damals als Verbindungskanäle, so die bei Grellingen (unterhalb Laufen im Canton Bern), wo sich ebenfalls Molasselager finden. — Nach der Ablagerung der Molasse hat eine neue Hebung den Boden der Jurathäler zerspalten, seine Felsschichten aufgerichtet, manchmal übergestürzt oder sonst auf mannigfache Weise zerrüttet und gequält. Durch diese Umwälzungen sind dann manche Ketten wohl um die Hälfte erhöht worden; sie fallen wahrscheinlich in

dieselbe Zeit mit denen, durch welche die Alpen, die Himalaja- und Andesgebirge emporgehoben wurden, und durch welche der Erdboden seine nunmehrige Gestalt erhielt, das Klima, die Pflanzen- und Thierwelt der Jetztzeit ihre Entstehung fanden."

Erst um diese Zeit floß das Meer aus dem Mittelland und den Jurathälern ab, der Boden bedeckte sich mit Moorflächen, es entstanden Seen und Flüsse, welche das Werk der Auswaschung begannen, die Mannigfaltigkeit der Thier- und Pflanzenspecies wuchs außerordentlich an, aber der vollkommenste Organismus, der Mensch, war noch nicht vorhanden. Von den riesenhaften Vierfüßern und mehreren Pflanzenarten dieser Periode habe ich schon früher namentliche Erwähnung gethan; die Pflanzen und die an sie gebundenen Insekten gehören meist noch lebenden Gattungen an, wenn auch die Arten größtentheils ausgestorben sind. Ihre nächsten Verwandten leben gegenwärtig in beinahe tropischen Ländern, woraus folgt, daß das Klima in unseren Gegenden immer noch ein viel wärmeres war als jetzt. Es ist daher merkwürdig genug, daß diese Periode mit der Eiszeit der gewaltigen Gletscher abzuschließen scheint.

Die Gewässer.

Fünfunddreißigster Brief.

Quellen, Wasserfälle und Flüsse.

Da meine bisherigen Briefe an Dich die wichtigsten klimatischen und geologischen Verhältnisse der Schweiz besprochen, und ich das Gebiet der Botanik und Zoologie nicht zu betreten gedenke, noch weniger Dich mit einer bloßen Aufzählung der bei uns einheimischen Pflanzen- und Thierarten langweilen will, so nähern sich meine Mittheilungen ihrem Ende, indem mir noch die Gewässer übrig bleiben, die in ihren beiden Zuständen als stehende und fließende mancherlei Erscheinungen darbieten, aus denen ich das Interessanteste herausheben werde.

Alles Wasser der Erde befindet sich in unausgesetzter Bewegung und ein Theil davon ist, wie Du aus den meteorologischen Briefen weißt, in verschiedener Gestalt auf steten Reisen begriffen. Durch die Sonnenwärme wird es destillirt und steigt in die Luft auf, treibt da, zu Wolken geballt, über die Länder hin, schlägt als Thau, Regen oder Schnee nieder, dringt zu ungleichen Tiefen in den Boden ein, in welchem es wieder einem Ausgange zufließt, und setzt diese Bewegung an der Oberfläche fort, so daß es durch Bäche, Flüsse und Ströme in stetig-fließender Verbindung mit dem Meere bleibt. Durch diesen Kreislauf wird es für die ganze Oekonomie der Natur von der größten Wichtigkeit, das Bestehen und die fortdauernd sich erneuernde Entwicklung der ganzen Thier- und Pflanzenwelt, welcher das Land zum Aufenthalt angewiesen ist, und zuletzt das Dasein und Wohl des Menschengeschlechts wird dadurch bestimmt. Das über alle Theile eines Landes ausgebreitete Netz von fließendem und stehendem Wasser verdankt also seinen Ursprung lediglich den atmosphärischen Niederschlägen. Aber nicht nur wo

Seen und Flüsse sind, fast überall ist die Oberfläche der Erde bis zu einer gewissen Tiefe feucht, und die Ursachen davon sind vielfach. Außer den Niederschlägen des verdunsteten Wassers verursachen auch Capillaranziehung aus größerer Tiefe und hydrostatischer Druck vieler Wasserbehälter diese Bodenfeuchtigkeit; schattige Orte, belaubte oder mit Moor bewachsene Bergspitzen sind stets feucht, selbst naß, weil sie hauptsächlich den Thau und Nebel aufnehmen, und die höheren durch kältere Luftschichten, oder durch Schnee und Eis abgekühlten Gipfel ziehen die atmosphärischen Niederschläge in reichlicher Menge an. Wo diese Ursachen fehlen, hingegen durch Sonnenstrahlung und häufige Winde eine fortdauernde Verdunstung erzeugt wird, da ist der Boden dürr, und zwar um so mehr, je weniger er die Feuchtigkeit festzuhalten geeignet ist.

Von dem Wasser, welches in irgend einer Gestalt durch Hydrometeore zu Boden fällt, kehrt ein Theil wieder durch Verdunstung in die Atmosphäre zurück, ein anderer fließt an der Oberfläche ab oder wird zur Ernährung der Pflanzen verbraucht, während ein dritter in den Boden dringt und denselben entweder seiner ganzen Masse nach durchweicht, oder einzelne Spalten und Klüfte findet, die es aufnehmen und fortleiten, oder Beides antrifft. Starke Regen dringen in gewöhnliche Ackererde selten tiefer als $^1/_2$ Fuß und nie bis zu 4 Fuß; Thonboden ist fast undurchdringlich, während Sand- und Geschiebmassen vom Wasser bis in jede Tiefe durchsickert werden. Es gibt aber auch festere Steinarten, welche Wasser durchlassend sind, wie z. B. der Molassesandstein, den man in den Steinbrüchen bis zu einer Tiefe von 60 und 100 Fuß ganz durchfeuchtet antrifft. Wasserhaltige Steinarten, wie Granite, dichte und körnige Kalksteine, dichtere Sandsteine, öffnen dem Wasser einen Durchzug nur durch Spalten und Klüfte. Das durchsickernde Wasser dringt in die Tiefe, bis es durch früher angesammelte Wasser, oder durch ein Thonlager, oder endlich durch feste Felsen, die ihm den Durchgang versagen, sich ansammelt und an geeigneten Stellen in Quellen wieder zu Tage tritt. Die im Inneren des Bodens verborgenen, mannigfach und oft sehr weit verzweigten Wasseradern, aus denen eine Quelle gespeist wird, bilden ihr Wurzelsystem. Auf diese einfache Weise erklärt sich die Entstehung der Quellen, die daher mit wenigen, durch besondere Umstände veranlaßten Ausnahmen ihren Ursprung aus demjenigen Theil des atmosphärischen Wassers nehmen, welches den Boden durchdringt. Die Richtigkeit dieser Ansicht erhellt vor Allem daraus,

daß die Beständigkeit oder der periodische Wechsel der Quellen, ihre Reichhaltigkeit und Vertheilung in einer Gegend, sowie ihre Beschaffenheit und andere Verhältnisse mehr mit der Menge der Niederschläge und der Gestaltung und Structur des Bodens in entschiedenem Zusammenhange stehen.

Wird das in die Tiefe dringende Wasser durch anderes aufgehalten, welches sich in Folge hiefür günstiger Structur des Bodens in unterirdischen Behältern gesammelt hat, so muß letzteres durch den Zufluß natürlich stets fort steigen, und erfüllt es etwa einen Fels, der von vielen unter sich zusammenhängenden Spalten durchsetzt ist, so wird alles herabsinkende Wasser, sobald die Wasserſammlung das Niveau der Außenfläche irgendwo schneidet, dort zu Tage austreten und eine Quelle bilden. Fällt das Wasser, welches in einem solchen Behälter sich sammelt, über einem großen Bezirk, so sind solche Quellen in der Regel ganz besonders wasserreich. In Gebirgen oder auf Plateaus, welche, wie diejenigen des Jura oder der nördlichen alpinen Nebenzone, aus Kalk- und Dolomitgesteinen bestehen, kommen sehr reichlich fließende Quellen häufig vor. Lange Spalten, viele Meilen weit fortsetzende und mit Höhlungen in Verbindung stehende Kanäle sind in diesen Felsarten nichts Seltenes, und eben diese Bodenstructur begünstigt die Wasserſammlung in einem oder mehreren Behältern. Aber während deren Mundöffnungen wasserreiche Quellen entfließen, sind Trockenheit und Quellenarmuth der übrigen Bodenfläche die nothwendige Folge dieses Verhältnisses. Die Spalten der Felslager heißen in der Waadt Entonnoirs, und da sie die Wasser, von denen sie eine beträchtliche Menge aufnehmen können, zu den tiefsten Behältern gelangen lassen, so vermögen viele Quellen, die aus ihnen Ursprung nehmen, bei ihrem Hervortreten aus dem Fels Mühlräder zu treiben, weil sie als kleine Bäche zum Vorschein kommen. Während in den wasserreichen Alpen kleinere Bäche oft unbeachtet und meist unbenutzt bleiben, weiß man in dem trockenern Jura ihren Werth besser zu schätzen und macht sie zahlreichen industriellen Unternehmungen dienstbar. Zu den bekanntesten Höhlen, aus denen tiefer am Berge Bäche ausfließen, gehört die Creugena bei Pruntrut; sie ist bei 35 Fuß Weite etwa 40 Fuß tief, und ihr Wasser entleert sich über dürre Thalwiesen, wenn es den Rand übersteigt. Aus solchen unterirdischen Kanälen entsteht ferner die Birs bei Tavannes, die südlich von Neufchatel in den See mündende Serriere, die wahrscheinlich aus den Mooren

von La Sagne, östlich von Locle, gespeist wird und unter zwei Bergketten und dem Rüzthal ihren unterirdischen Lauf nimmt, und so noch andere Bäche, die zum Neuenburgersee gehen. Wie in dem eben angeführten Beispiel Moore, so nehmen auch Seen durch die Entonnoirs ihren unterirdischen Zu- und Abfluß. So kommt zuhinterst im Traversthale die Reuse bei St. Sulpice als Felsenquell zum Vorschein, sammelt aber ihre Wasser aus den Mooren und dem kleinen See Taillères im Brevinethal; der Joursee fließt auf unbekannter Bahn durch die Entonnoirs ab, und seine Wasser kommen nach fast einer Stunde Entfernung wieder hervor in der schönen, 17 Fuß breiten und bald zum Bache werdenden Quelle der Orbe, am Fuß eines Hebungskraters und in der Nähe der geräumigen Quelle Grotte-aux-Fees, aus welcher zur Zeit der Schneeschmelze ein Wasserstrahl zu der Orbequelle abfließt.

Sehr viele Quellen entstehen dadurch, daß das Wasser entweder durch eine mit Vegetation bedeckte Dammerdeschicht und die darunter befindliche Schuttlage, oder durch Gesteinschichten, welche das Wasser leicht durchlassen, in die Tiefe dringt, bis es von einem wasserdichten, thonigen oder festen Lager aufgehalten wird. Ist letzteres nach einer Seite geneigt, so zieht sich das Sickerwasser auf ihm nach jener Seite hin und tritt dort als Quelle hervor, die um so reichlicher und nachhaltiger fließen wird, je größer ihr Wurzelsystem ist, d. i. je größer die Oberfläche ihres Gebietes oder ihr Sammelrevier ist, so daß nicht nur genug Wasser in dessen Oberfläche einsickert, sondern auch zum Theil an so entfernten Punkten, daß, wenn die näheren Adern vertrocknet sind, der Weg, den das Wasser der entfernteren Adern bis zum Quellpunkt zurückzulegen hat, mindestens so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die regenlosen Zeitabschnitte der Gegend dauern. Wenn dagegen das Wurzelsystem wenig ausgedehnt ist, und zugleich trockene und nasse Jahreszeiten, Zufrieren und Aufthauen des Bodens, oder der Schnee- und Eisdecke periodisch mit einander wechseln, so werden die Quellen bald stark, bald schwach fließen und heißen periodische. In den höheren Gegenden des Gebirgs fließen viele Quellen, wenn sie sich blos von geschmolzenem Schnee und Eis nähren, nur im Frühjahr oder Sommer; andere, in der Nähe von Gletschern, fließen entweder nur bei Tag, oder, wie die periodische Quelle auf Engstlenalp, die sich von den Gletschern des Titlis nährt, nur bei Nacht. — Alle Quellen, welche durch geneigte wasserdichte Schichten zu Tage gewiesen werden, befinden sich an Hügel- und

Gebirgszügen, deren Felslager gleichförmig geneigt sind, stets an dem Abhange, dem die Lager sich zuneigen, eine Beobachtung, die man häufig machen kann.

Die Quellwasser haben eine verschiedene Temperatur, und diese resultirt, wenn die Thermen hier noch unberücksichtigt bleiben, theils aus der Temperatur der Niederschläge, welche das Wurzelsystem derselben nähren, theils aus der Temperatur des Bodens. In den tropischen Ländern gewähren die Quellen nur wenig Erquickung, da ihre Temperatur von der des heißesten Monats wenig verschieden ist. Bei uns bleibt die Stelle des Sees, welche man im Sommer wegen ihrer unangenehmen Kälte beim Baden zu meiden pflegt, im Winter ungefroren, weil dort eine Quelle aus dem Boden hervorsprudelt, und auf dem Lande, wenn schon der erste Schnee die abgestorbenen Fluren bedeckt, grünt noch Alles in voller Frische in und neben einer Quelle. In höheren Breiten hingegen, näher dem Polarkreise, flieht die Vegetation die Nachbarschaft der Quellen. Offenbar ist die Bodentemperatur die vorzüglichste Ursache dieser Erscheinung. Du weißt aus den meteorologischen Briefen, daß schon wenige Fuß unter der Oberfläche die täglichen Temperaturunterschiede aufhören bemerklich zu sein, und in einer durchschnittlich 19mal größeren Tiefe hören auch die jährlichen Temperaturphasen auf, indem dort diejenige Temperatur stattfindet, welche sich ergibt, wenn man die Wärme des Sommers durch die Kälte des Winters ausgleicht, oder, nach dem gewöhnlichen Ausdruck, es herrscht dort die mittlere Temperatur des Ortes. Bei dem unveränderlichen Klima der Tropenländer wird nun in einer größeren Tiefe auch eine Temperatur sein, welche von der des heißesten Monats wenig abweicht, und diese theilt sich den in jener Tiefe entspringenden Quellen mit. Bei uns sind Quellen, welche aus der Tiefe kommen, deren Temperatur der Mitteltemperatur des Ortes entspricht, noch warm genug, um im Sommer der Vegetation nicht zu schaden, während sie im Winter durch ihre eigenthümliche Wärme lange Zeit der Kälte widerstehen. In nördlicheren Ländern dagegen, mit einer Durchschnittstemperatur von 5° oder 4° R., berauben die Quellen im Sommer ihre Umgebung der freundlich grünen Decke der Vegetation. So stellt sich im Allgemeinen das Verhältniß in den verschiedenen Zonen dar. Es zeigt sich aber die Quellentemperatur entweder veränderlich oder constant in unsern Gegenden, je nachdem das Wasser die Schichten, in denen die täglichen Temperaturphasen noch fühlbar werden, lange

genug durchfließt, oder dieselben auf kürzestem Wege durchbricht und aus der Tiefe unveränderlicher Temperatur abstammt, und sie wird in verschiedenen Gegenden und Jahrgängen ungleich sein, je nachdem eine lang andauernde Schneedecke der Ausstrahlung der im Sommer in den Boden eingedrungenen Wärme hinderlich ist, oder ein hart gefrorner Boden weder Schneewasser noch Winterregen eindringen läßt. Was den anderen Factor betrifft, welcher auf die Temperatur der Quellen Einfluß hat, so kann dieselbe auch durch die Niederschläge selbst erhöht oder erniedrigt werden. In regnerischen Sommern werden die Quellen wärmer sein als die mittlere Lufttemperatur, in trockenen Sommern hingegen, wo sie sich vorzugsweise vom Schmelzwasser des Winterschnees nähren, kälter. Auch stehende Wasser liefern Quellen, deren Temperatur geringer ist, als die mittlere der Luft, weil die kälteren Wasserschichten derselben zu Boden sinken und vorzugsweise in den Boden eindringen. Solche Verhältnisse werden also Unterschiede in dem Mittel der Luft- und Quellentemperatur bewirken; dieselben werden aber wegfallen, wenn die Regen auf das ganze Jahr sich vertheilen, wie z. B. in Basel, wo die Mitteltemperatur der Quellen, 7°,6 R., mit derjenigen der Luft 7°,84, beinahe übereinstimmt.

Wenn das atmosphärische Wasser durch eine größere Reihe durchlassender Schichten in eine beträchtliche Tiefe dringt, wo es von einer geneigten wasserdichten Schicht aufgehalten und zu Tage gewiesen wird, so kann es als Quelle mit sehr merklich höherer Temperatur, als die mittlere der Gegend ist, zu Tage treten, weil es sich nach den Gesetzen der Wärmezunahme im Erdinnern erwärmen muß. Quellen, welche am Fuß hoher und schroffer Gebirge hervorkommen, können auf diese Weise eine Temperatur von 30 bis 40 Grad erreichen, und es ist, wie sich nachher zeigen wird, sehr wahrscheinlich, daß die am Calanda und der Gemmi entspringenden heißen Quellen von Pfäfers und Leuk nur dadurch zu ihrer hohen Temperatur gelangen, daß das atmosphärische Wasser erst 4000 bis 5000 Fuß in das Innere der benachbarten hohen und steilen Bergmassen eindringt, ehe es an ihrem Fuße hervorquillt. Der weite Weg, welchen das Wasser solcher Quellen im Gebirg zurücklegt, die höhere Temperatur, welche seine auflösende Kraft vermehrt, befähigt es überdies, eine größere Menge mineralischer Bestandtheile aufzulösen, als andere Quellen, die zu keiner bedeutenden Tiefe gelangen und einen geringen Wärmegrad besitzen. Eben deshalb führen

ste in der Regel weit mehr feste Bestandtheile an die Oberfläche, als die mehr oberflächlichen. Eine Ausnahme hiervon machen indeß die Quellen von Gastein in Oesterreich und von Pfäfers, beide zeichnen sich durch große Reinheit aus; die letzteren enthalten in 1000 Theilen nur 0,291 feste Bestandtheile, weniger als das meiste gemeine Brunnenwasser. Die Bestandtheile der specifisch sogenannten Mineralquellen sind übrigens theils feste, theils gasförmige. So enthalten die Quellen von Baden im Aargau in 1000 Theilen Wasser 4,292 feste Bestandtheile, meist Kochsalz und Gyps, und man hat berechnet, daß sie jährlich gegen 2 Millionen Kilogramm dieser Bestandtheile aus der Tiefe fördern, was einem Würfel von $26^1/_2$ Fuß Seite entspricht. Ebenso bildet Gyps einen Hauptbestandtheil der warmen oder kalten Schwefelwasser von Leuk, Gurnigel und Ber; in den Leukerquellen sind in 1000 Theilen unter 1,84 festen Bestandtheilen 1,48 Gyps. Diese fixen Bestandtheile werden unmittelbar dem Boden entnommen, in welchem sich ihre Wurzelsysteme ausbreiten. Die gasförmigen Bestandtheile sind entweder Zersetzungsproducte durch das Wasser, oder rühren von vulkanischen und verwandten Prozessen her. So entwickelt sich Kohlensäuregas aus der Zersetzung des Humus und anderer Verbindungen des Kohlenstoffs, Schwefelwasserstoffgas, der charakteristische Bestandtheil der Schwefelwasser, aus der Zersetzung von Gyps oder anderer schwefelsaurer Salze; aber beide Gase können auch aus dem Erdinnern aufsteigen und von den Quellwassern aufgenommen werden. Auch fixe Bestandtheile können Producte der Zersetzung sein, die das Wasser in dem Boden bewirkt, durch den es fließt; Natron- und Kalisalze (Rosenlaui) bilden sich aus der Zersetzung des Albits und Feldspaths, Bittersalz (Birmenstorf im Aargau) durch gegenseitige Zersetzung von Gyps und Dolomit. Viele unserer Mineralwasser enthalten feste und gasförmige Bestandtheile von mannigfacher Art, ob sie aber, und überhaupt alle unsere mineralischen Quellen, die in ihnen enthaltenen Substanzen von jeher in gleicher Menge enthalten haben, läßt sich bei dem geringen Alter genauer Analysen und dem Wechsel der analytischen Methoden nicht entscheiden. Die seit Jahrhunderten als Heilbäder benutzten Quellen von Leuk, Baden und Pfäfers scheinen in ihrer Wirksamkeit keine wesentliche Veränderung erlitten zu haben. Erwarte übrigens hier keine Aufzählung der verschiedenen Mineralwasser in der Schweiz; ihre Zahl ist groß, und davon kommen Schwefelwasser in

vielen Gegenden, stärkere Säuerlinge fast einzig in Graubündten vor (Fideris, Schuls, St. Moritz, Bernhardin u. s. f.); die Säuerlinge sind bekanntlich Quellwasser, welche in größerer Menge kohlensaures Gas enthalten, das im Unterengadin auch frei, getrennt von Quellen, an einigen Orten aus dem Boden steigt. — Wenn man die Quellen, welche einen höheren Wärmegrad besitzen, als die Mitteltemperatur des Bodens oder der Luft beträgt, Thermen, Thermalwasser nennt, so kann der Begriff blos relativ sein; denn unter höheren Breiten kann eine Quelle eine Therme sein, die es in der heißen Zone nicht mehr wäre, ebenso kann ein Quellwasser auf einem hohen Berge wärmer sein als der Boden, aus dem sie entspringt, während ihre Temperatur in der Niederung geringer wäre. Quellen mit einer Temperatur, welche die des Bodens oder der Luft nur um wenige Grade übersteigt, müßten also relative Thermen heißen. Absolute Thermen hingegen wären solche, die überall eine höhere Temperatur zeigen als der Boden, dem sie entquellen, oder als die Luft. In diese Klasse gehören bei uns: die Quellen bei Schinznach, die bei einer mittleren Lufttemperatur von 7°,4 R. eine Wärme von 25°,2 R. zeigen; die Quellen von Pfäfers, die 29°,7 Wärme haben bei einer mittleren Lufttemperatur von 7°,2; die Quellen von Lavey in der Waadt, welche, da sie 36° Wärme besitzen, die mittlere Lufttemperatur um 28°,4 übertreffen; die Quellen von Leuk, deren Temperatur auf 40°,5 steigt, während die Durchschnittswärme der Luft nur 2°,4 beträgt; endlich die Quellen von Baden, die, bei einer mittleren Lufttemperatur von 7°,2, eine Wärme von 40°,8 haben. Obgleich die thermometrischen Bestimmungen früherer Zeiten nicht immer volles Vertrauen verdienen, so ist doch wahrscheinlich, daß die Quellentemperaturen der angeführten Thermen ziemlich constant seien. Merkwürdig ist das Verhältniß zwischen der Lage dieser Thermalwasser und der Bodengestaltung ihrer Umgebung. Sie liegen entweder im Querdurchschnitt von Ketten, also in Engpässen, wie Baden und Schinznach in den zwei Querbrüchen des nördlichen und südlichen Armes der Wisenbergkette, und Lavey zwischen der Dent du Midi und Dent de Morcles; oder sie liegen in engen Spalten- und Kesselthälern, im Grunde tiefer Schluchten, die von hohen, meist nackten Felswänden umschlossen sind, wie Pfäfers und Leuk. Wenn in Gegenden, deren vulkanische Thätigkeit noch fortdauernd wirksam ist oder wenigstens aus ihren hinterlassenen Producten, den vulkanischen Gesteinen, erkannt wird,

heiße Quellen sehr häufig sind; so hat diese Erscheinung ihren Grund darin, daß dort das heiße Erdinnere mit der Oberfläche in einer mehr oder minder unmittelbaren Verbindung steht. Die genannten heißen Quellen entspringen nun entweder aus Kalkstein und Schiefer, oder auf der Grenze des Kalksteins und der Feldspathgesteine; es scheint daher der Mangel aller vulkanischen Steinarten in ihrer Umgebung durch den schluchtähnlichen Gebirgsbau derselben ersetzt zu werden, wenigstens wird durch diese Bodengestaltung die oben gegebene Erklärung von dem Ursprung der hohen Temperatur solcher Quellen in hohem Grade wahrscheinlich. Nimm an, die wasserdichte Schicht, auf welche das Wasser durch eine Reihe von Schichten hinabsinkt, vertiefe sich muldenförmig nach einem Punkte hin — ein Fall, der häufig vorkommt — und die wasserdurchlassenden Schichten werden von oberen undurchlassenden Lagern bedeckt; so steht das Wasser da, wo die muldenförmige Biegung der ersteren ihre größte Tiefe erreicht, unter dem Druck einer Wassersäule von der Höhe des Niveauunterschiedes der größten Vertiefung und des Ausgehenden der durchlassenden Schichten, und es wird, wenn das obere wasserdichte Lager an jenem Punkte durchbohrt wird, in aufgesetzten Röhren als springender Wasserstrahl durch das Bohrloch hervorkommen. Offenbar bringen die Wasser dieser artesischen Brunnen die natürliche Wärme der tiefsten Stelle des Bohrloches an die Oberfläche, und es sind solche Springquellen erbohrt, welche, wie die berühmte zu Grenelle, die jedem Pariser täglich 4 Liter Wasser liefert, aus einer Tiefe von 547 Meter 22°,16 R., und diejenige von Neusalzwerk bei Minden aus 628½ Meter Tiefe 25°,1 R. Wärme mitbringen. Diese Erfahrung gibt uns Aufschluß über den Ursprung der hohen Wärme, den unsere Thermalwasser zeigen. Sie treten in Spaltenthälern hervor, und die Gebirgsspalten setzen meist unter dem kleineren und größeren Schutt des Thalbodens nach unten fort. Denkt man sich eine solche Spalte im Gebirge beginnend, bis zur Tiefe, wo eine der Therme gleiche Temperatur herrscht, gebogen und von da wieder bis an die Oberfläche reichend, so wird hier, an dem tieferen Spaltenende, das Wasser als heiße Quelle hervortreten, weil es auch in diesem Falle unter dem Drucke einer Wassersäule steht, die dem Niveauunterschiede beider Spaltenenden gleich ist. Nimmt man für je 130 Fuß senkrechte Tiefe 1 Grad Wärmezunahme an, so läßt sich für obige heiße Quellen die Tiefe, bis zu welcher eine Spalte hinabgehen muß, leicht berechnen. Man hat aber eine noch

einfachere Erklärung gegeben, als die angeführte. Weil nämlich unter den Gebirgsmassen die Chthonisothermen in die Höhe steigen, so kann im Inneren des Gebirges die Temperatur der Therme, welche an seinem Fuße hervorquillt, sich auf einem höheren Niveau als das der Quelle befinden. Nimmt man die Mitteltemperatur auf dem 8400 Fuß hohen Calanda gleich — 1° R. an, so steigt die Chthonisotherme von + 30°, bei 130 Fuß Tiefe auf 1° Wärmezunahme, bis zu 4370 Fuß unter seinem Gipfel, und das Wasser, welches zwischen seinen Schichten durchsickert, hätte demnach Fall genug, um in der Höhe von etwa 1850 Fuß die Therme von Pfäfers zu bilden. Auf die Quellen von Baden und Schinznach würde indeß diese Erklärung keine Anwendung finden, da die Gebirgsmassen, von denen sie umgeben sind, nicht hoch genug ansteigen. Die Thermen von Baden entspringen in der Tiefe eines zersprengten Gewölbes, dessen südlicher Rand durch die Lägern, der nördliche durch den Hertenstein gebildet wird; die Schichten der erstern fallen nach Süden ein, die der letzteren aber stehen, statt regelmäßig nördlich zu fallen, senkrecht und sind vielfach gebogen, und selbst die Schichten gegen die Mitte des Gewölbes hin sind nahezu senkrecht aufgerichtet. Diese Verhältnisse weisen offenbar auf eine nach unten fortsetzende Spalte oder Zerklüftung hin. Da aber die Temperatur der Thermen zu Baden zu groß ist und die sie umgebenden Berge zu niedrig sind, um die Annahme einer wenigstens 4000 Fuß in die Tiefe gehenden und mit den Quellmündungen in Verbindung stehenden Gebirgsspalte wahrscheinlich zu machen; so scheint es der Natur angemessener zu sein, wenn man annimmt, daß oberflächliches Wasser von Hydrometeoren und der Limmat bis in eine Tiefe hinabdringe, wo es in Dampf verwandelt wird, welcher dann, wieder aufsteigend und sich verdichtend, entweder seine latente Wärme der Quelle selbst, oder nur dem Gesteine mittheilt, in welchem sie ihr Wurzelsystem hat. Dies setzt natürlich eine Zerklüftung des Gesteins nach unten voraus, und eine solche wird auch durch den Gebirgsbau bei Baden sehr wahrscheinlich. Diese Thermen kommen, wie Du weißt, aus dem Keuper und seinen Gypsen, und ihre schwefeligen Bestandtheile müssen ohne Zweifel als ein Zersetzungsproduct aus den letzteren angesehen werden.

Auf die angegebene Weise treten die in verborgener Tiefe fließenden Wasser wieder als erquickende oder heilende Quellen an's Tageslicht, um dann, weiter fließend und zu Bächen und Flüssen vereinigt, dem Menschen

ihre ferneren Dienste anzubieten, indem sie hier Felder und Heerden nähren, dort Lasten tragen und bewegen, oder die schwache Kraft des Menschen unterstützen und gewaltig machen. Diese Dienstwilligkeit der Gewässer der Oberwelt ist in unserer Zeit dem Menschen mehr als je von Nutzen, und da er leben will, weil ihn der Hunger des Lebens treibt, so ist es begreiflich, wenn er überhaupt Alles, was ihm vorkommt, damit in Beziehung setzt, und demjenigen vor allem anderen einen großen Werth beilegt, was auf die Anfachung und Befriedigung desselben einen wohlthätigen Einfluß hat. Es ist aber nicht nöthig, den Werth der Dinge in der Natur nur nach ihrer Nützlichkeitsbeziehung zu bemessen, sie haben auch eine ästhetische Seite, und gerade die oberflächlichen Wasser faßt der gesunde Sinn nicht allein nach ihrer äußeren Zweckmäßigkeit und Nützlichkeit auf, sondern erblickt in ihnen auch eine Schönheit der Natur, da sie als Wasserfälle, als Ströme und Seen die Reize eines landschaftlichen Bildes erhöhen.

Bekanntlich besitzt die Schweiz in dem Gebiete des Jura und der Alpen, besonders in dem letzteren, einen überschwenglichen Reichthum an Wasserfällen, und in vielen derselben spendet die Natur die ganze Fülle ihrer Kraft, wie ihrer Reize. Die einen werfen sich in beständigen Stürzen über die Felsen dem Thalgrunde zu, eine Stufenreihe sich folgender Fälle bildend, andere stürzen beinahe senkrecht in freier Luft herab, sich unterwegs in unzählige einzelne Fäden, Tropfen und Staubtheile zersplitternd, wieder andere fallen mit großer und breiter Wassermasse, die von vorspringenden Felsen getheilt wird, in einen schäumenden Wasserkessel, oder in hundert kleinen Sprüngen über hohe Abhänge und zuletzt senkrecht auf geneigte Platten herab, von denen sie in großen Bogen zurückgeschleudert werden. Ein seltsamer Schwall von Tönen begleitet sie, es ist das dumpfe Rauschen der sich drängenden Wasser, gemischt mit dem leisen Plätschern der niederfallenden Tropfen. Es ist durch Versuche dargethan, daß jeder fallende Wasserstrahl abwechselnd aus in die Länge und in die Breite zusammengezogenen Tropfen besteht, so daß also eine schwingende Bewegung in den Strahlen des Wasserfalls vorhanden ist, erzeugt durch den Druck in der Nähe des Abflusses in Verbindung mit der Gewalt des Falles. Wenn aber jede Schwingung Töne hervorbringt, so muß dies auch mit diesen Tropfenschwingungen der Fall sein, und wenn wir sie nicht hören, so kommt dies nur daher, weil sie durch stärkere Töne übertäubt werden oder der

mitschwingende Resonanzboden fehlt. Aber wenn auch die Fülle dieser Naturtöne unserem zu stumpfen Gehöre entgeht, so sehen wir doch den wechselnden Farbenglanz der herabfallenden Strahlen und Tropfen, die, so schnell sie kommen, auch wieder verschwinden, und wie ein magisches Kunstwerk vor unsern Augen vorüberfliehen. Die berühmtesten unserer Wasserfälle sind vielfach beschrieben oder gemalt worden; denn das Schöne, das die Natur uns bietet, reizt zur Darstellung durch das Wort oder die Farben. Allein das erstere Mittel ist zur anschaulichen Darstellung weniger geeignet, als das letztere. Alle Beschreibung und poetische Schilderung vermag es nie, das Naturbild eines Wasserfalls so in's Einzelne zu verfolgen, und so mit einem Schlage der Phantasie vorzuführen, als die Malerei. Der Schilderung gehen sehr bald die Worte aus, wenn sie es versucht, den eigenthümlichen Tonschwall und den Licht- und Farbenwechsel der Erscheinung, sowie die Mannigfaltigkeit ihrer sich neben und hinter einander drängenden Gestaltungen darzustellen. Zwar hat die Schilderung vor der Malerei das voraus, daß sie den Fall des Wassers durch seinen ganzen zeitlichen Verlauf zu verfolgen im Stande ist, während die Malerei durch ihr räumliches Medium die Erscheinung immer in einem bestimmten Momente fixirt. Auf der anderen Seite aber stellt die Malerei den Wasserfall durch die Unterschiede der Farbe dar, also durch das Mittel, durch welches die natürlichen Erscheinungen selbst dem sinnlichen Auge offenbar werden, weshalb es ihr auch gelingt, denselben bis in seinen einzelnen Nüancen und Schattirungen hin zu verfolgen und ihn in seiner ganzen ausgeführten Bestimmtheit gerade so hinzuzeichnen, als er momentan dem Auge entgegentritt. Aber freilich, der Wasserfall ist klangreich, und dieses Moment entgeht wieder der Malerei.

Du kannst vier Klassen von Wasserfällen unterscheiden. Ist das Strombett mehr als gewöhnlich geneigt, so entstehen Stromschnellen bei gleichförmigerem, Katarakten bei unebenerm Felsbett, wie im Rhein oberhalb Koblenz, wo der Jura quer durch das Strombett setzt, und bei Lauffenburg, wo der Gneis des Schwarzwaldes bis an das Schweizerufer reicht, zwischen dessen Klippen der Strom in wilden Wirbeln durchbraust. Malerischer wird die Naturerscheinung, wenn das Strombett eine stärkere Neigung hat oder durch Stufen unterbrochen ist. So der Fall des Rheins, wo der Strom bei Schaffhausen in den Jura tritt und in einer Breite von 500 Fuß, „dem Auge wie ein

Schaum, dem Ohre wie ein ferner Donner", 75 Fuß hoch vom Felsen in die Tiefe stürzt; ebenso der untere Reichenbach bei Meyringen und viele andere Wasserfälle, welche aber von geringerer Wassermasse sind, als der Rheinfall. Tritt der Fels so sehr zurück, daß der Strom zwar die hintere Wand desselben bedeckt, seiner Hauptmasse nach aber doch vertical herabstürzt, so gibt dies eine dritte Klasse von Wasserfällen. Ihre Geschwindigkeit ist kaum geringer als die der folgenden Klasse, obgleich das Wasser, welches die Felswand bedeckt, durch sie verzögert wird. Einer der größten Wasserfälle dieser Art ist der Aarfall bei Handeck, der bei 150 Fuß hoch ist. Das Maximum des Gefälls endlich findet statt bei Wasserfällen, deren Wasser über den zurücktretenden Fels frei und ohne ihn zu berühren herabstürzt. Die Geschwindigkeit ihres Falles würde eine stetig wachsende sein, wenn dieselbe nicht durch den Widerstand der Luft verzögert würde. Kommen die Fälle aus einer bedeutenden Höhe, so läßt sich die Verzögerung und der Uebergang des beschleunigten in einen gleichförmigen Fall vom Auge wahrnehmen. Durch die Mengung des Wassers mit der Luft wird ersteres entweder theilweise oder seiner ganzen Masse nach so fein zertheilt, daß es wie Staub aussieht. Zu den Strömen dieser vierten Klasse gehört der Wasserfall bei Filters in der Nähe von Ragatz, und außer manchen anderen noch der 200 Fuß hohe obere Reichenbach und der 900 Fuß hohe Staubbach bei Lauterbrunnen. Man hat die Luft in der Nähe des Staubbachs etwa 2° R. kälter gefunden, als eine Viertelstunde davon entfernt, und sein Wasser nach dem Falle um ebenso viel kälter, als das benachbarter Bäche. Beides ist unstreitig eine Folge der durch die Gewalt des Sturzes verdampfenden Tropfen, die dadurch ihrer Umgebung Wärme entziehen. Es ist ganz natürlich, daß sich die Geschwindigkeit der Wasserfälle vermehrt und ihr Sturz großartiger wird, wenn ihre Wassermassen nach längerem Regen oder bei starkem Abschmelzen des Schnees vermehrt werden. Unter allen Umständen aber steht ihre Geschwindigkeit mit der Stärke ihres Gefälls im Verhältniß und erreicht ihr Maximum bei den Wasserfällen der dritten und vierten Klasse.

Du weißt aus früheren Briefen, daß die Wirkungen der Erosion durch Ströme bald merkbar werden, wenn der Widerstand, den eine Steinart zu leisten vermag, geringer ist, als die Stoßkraft des Wassers. Uebertrifft jener aber die letztere nur um ein Geringes, so bedarf es schon

einer lange Zeit andauernden Einwirkung des Stromwassers, damit Spuren der Auswaschung im Gestein sichtbar werden. Daraus erklärt es sich, warum eine große Zahl unserer entweder über Kalkstein, oder Gneis und Granit herabstürzender Wasserfälle, obgleich viele derselben mit furchtbarer Gewalt an entgegenstehende Klippen und Felsen anprallen, oder sich von großer Höhe in Kessel stürzen, ihre Gestalt und ihr Felsbett in den letzten 50 bis 100 Jahren nicht wesentlich verändert haben, und daß es also eines weit größeren Zeitraums zu solchen Veränderungen bedarf. Daß aber die Wirkungen der Erosion nicht ausbleiben und ihre Fortschritte, je nach der Felsart, früher oder später sichtbar werden müssen, liegt in der Natur der Sache; die Kessel am Ende vieler Wasserfälle, die vier Klippen, welche aus der Felsenbarre hervorragen, über die der Rhein bei Schaffhausen herabstürzt, das Felsbett, durch welches die Fluth so vieler Wasserfälle ewig brausend und sprudelnd zu Thal fällt, sind alles Erosionswirkungen, die im Laufe der Zeit einen Wasserfall verschönern, oder ihn auch eines Theiles seiner Schönheit berauben können. Nach dem, was ich Dir über die schnellen Fortschritte der Erosion bei Strömen geschrieben habe, könntest Du zum wenigsten dasselbe auch bei Wasserfällen erwarten; allein wenn unter dem heftigen Stoß und oft starken Druck eines Stromes den von ihm bewegten Felstrümmern, Kieseln und Sandkörnern ein nicht unbedeutender Antheil an der Erosion zugeschrieben werden muß, so findet, glaube ich, diese Einwirkung bei Wasserfällen in geringerem Grade Statt, weil diese festen Bestandtheile von dem stürzenden Wasser um so freier getragen werden, je größer seine Geschwindigkeit, d. i. je steiler sein Felsbett ist.

Wenn strenge Winterkälte selbst Ströme in Fesseln legt, so hat sie dagegen über die herabstürzende Masse der Wasserfälle keine Gewalt, weil die rasche Bewegung, verbunden mit der steten Mengung der Wasserstrahlen und der daraus entspringenden Gleichförmigkeit der Temperatur, die Eisbildung verhindert. Nur die Wassertheilchen, die sich zu Staub aufgelöst haben, gefrieren während des Falles, und es wird sich dies zur Zeit starken Frostes jeden Winter nicht nur bei eigentlichen Staubbächen, sondern auch bei anderen Wasserfällen beobachten lassen, deren herabschießende Fluth, wie beim Reichenbach, nach allen Seiten und Richtungen milchweiße Schaum- und Staubströme vom Kessel ausspritzt. Wenn das in die feinsten Theilchen aufgelöste Wasser des Staub-

baches bei Lauterbrunnen im Sommer als eine leichte, stets wechselnde Lichtgestalt in den Lüften schwebt, so wird diese im Glanz der Wintersonne blendend weiß oder farbensprühend erscheinen, ähnlich den Eiskrystallen an unseren Fenstern. So ist das Naturbild eines schäumenden Wasserfalls auch im Winter schön, aber, wenn größere Wasserfälle im Sommer durch ihren Sturz kalte, starke Luftströme erregen, so kannst Du Dir leicht denken, daß dieselben zur Winterzeit durchdringend kalt sein müssen. Gefriert also die Hauptmasse des stürzenden Wassers nicht, so bildet sich dagegen überall Eis, wo die Bewegung schwächer ist, am oberen Rand, zu beiden Seiten, an der Rückseite und besonders am Fuße des Sturzes. Von oben hängen Eisstalaktiten herab, die Felswand selbst ist mit einem bald durchsichtigen, bald weißlichen Eispanzer überzogen, Eiskrusten begleiten den Sturz zu beiden Seiten und am Fuße erhebt sich theils aus den abgebrochenen, oder vom Wasser weggerissenen Stalaktiten, theils aus dem am Boden gefrierenden Wasser ein Eiskegel, der gletscherartig an der Wand aufsteigt und entweder glatt erscheint, oder, mit dem stalaktitischen Eisüberzug verwachsend, oft mancherlei Gestalten bildet.

Bekanntlich nennt man den Theil der Erdoberfläche, welcher von einem Hauptflusse mit allen seinen Zuflüssen durchströmt wird, das Gebiet, das dadurch über die Oberfläche verbreitete Wassernetz das System und die äußere Zone des Gebietes, in welcher die Mehrzahl der zum System gehörenden Flüsse ihre Quellen haben, den Quellenbezirk des Hauptflusses. Das Flußgebiet des Rheines bis Basel beträgt, nach Siegfried, ungefähr 648 deutsche Geviertmeilen (1548 Schweizer Stunden) und die Länge seines Laufes 48 Meilen oder 74 Schw. Stunden; das Rhonegebiet bis zum Genfersee ist ungefähr 96 Geviertmeilen und die Stromlänge fast 24 Meilen; die Aar von ihren Quellen bis Coblenz hat ein Gebiet von 316 Geviertmeilen und ihr Lauf hat eine Länge von 37 Meilen; das Flußgebiet der Reuß ist fast 60 Geviertmeilen groß und die Länge ihres Laufes 20,9 Meilen; das der Limmat endlich ist 43,7 Geviertmeilen und die Flußlänge erreicht von der Seezquelle bis zur Aar 18,9 Meilen. — In sehr vielen Fällen ist die Richtung, welcher die Wasser im Gebirge folgen, durch die Richtung der Thäler bestimmt, in anderen dagegen verdankt das Thal seine Richtung der Hauptrichtung des Wassers, und alsdann ist diese selbst theils durch die gegenseitige Richtung der Wasserzuflüsse, verbunden mit dem gegenseitigen Verhältniß ihrer Wassermassen und ihres Falles,

theils durch die Beschaffenheit der Gebirgsmassen, welche sie auf ihrem Laufe durchschneiden, bedingt. Die Richtungen der Flüsse erinnern oft an das Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte, doch ist die Flußrichtung niemals das reine Product des Zusammenstoßens von Wassermassen unter gewissen Winkeln und mit gewissen Kräften. Der Widerstand, welchen die Masse des Bettes leistet, und die Seitenneigung der Thalsohle bewirken die kleineren Abweichungen von der allgemeinen Richtung. In tiefen Querthälern laufen die Wasser bald in eckigem Zickzack, bald in gerader Richtung, je nachdem das Thal im Zickzack läuft oder gerade ist, oder je nach dem Maße des Widerstandes, den das Wasser auf seinem Wege gefunden. Treten die Flüsse dann aus der engen Spalte heraus, so werden ihre Biegungen zu sanften Wellenlinien, wenn das Rinnsal in lockerem Boden fortläuft und das Gefäll schwach ist. Diese Mäanderwindungen (Serpentinen) werden weniger durch die Linie des größten Falles, als durch den Widerstand bestimmt, den die Erosion findet. Der Strom macht daher eine Menge Krümmungen, indem er sich an jeder Bodenerhöhung und an jedem fester verkitteten Kieslager biegt und weniger widerstandsfähige Massen durchbricht. Wie sehr eine Landschaft durch diese Krümmungen der Flüsse, welche sich durch dieselbe wie ein breites bald silberfarbig, bald bläulichgrün glänzendes Band, hier dem Auge sichtbar, dort durch Baumgruppen oder Bodenerhöhungen dem Blicke entzogen, hindurchwinden, verschönert und gleichsam lebendiger wird, ist eine bekannte Sache. Wie einförmig erscheinen dagegen die geradeaus gezogenen Kanäle! — Man hat sich die Betrachtung der Flußläufe durch die Eintheilung derselben in den oberen, mittleren und unteren Lauf bequemer gemacht. Die unteren Läufe aller unserer Ströme sind außerhalb der Schweiz und können also hier nicht in besondere Betrachtung kommen. Ihr oberer Lauf ist in der Nähe des Quellenbezirks ihres Systems; dort haben sie, vermöge der starken Neigung der Thalsohle, einen starken Fall, und stürzen im Hochgebirge eigentlich mehr, als daß sie strömen, weil die Sohle hier häufig beträchtliche Absätze hat. Im Oberlauf gibt sich überhaupt die größte Mannigfaltigkeit der Strömung kund, und die Wildbäche, die, je nach der Beschaffenheit des Bodens, sich am Gebirgsabhang schnell ein tiefes Bett eingraben, stürzen als Staub- oder Gießbäche über den Fels herab, erhöhen durch die mitgeführten Trümmer und den Schlamm den Boden, und gehen oft nach kurzem Lauf aus der einen dieser Formen in

die andere über. Viele dieser Wildbäche sind übrigens im Sommer oder bei anhaltender Trockenheit ganz wasserarm und erfüllen ihre Betten nur zur Zeit der Schneeschmelze und nach Gewittern. Der Gebirgsstrom entsteht aus der Vereinigung einer Anzahl solcher Wildbäche, und unterscheidet sich von seinen Zuflüssen lediglich durch seine Wassermasse, keineswegs durch einen gleichförmigen Lauf; denn ist der Thalboden geneigt und uneben, so eilt der Strom von Fall zu Fall, bricht sich schäumend an den Felsblöcken in seinem Bette, die er fortwälzt, wenn er anschwillt, und ist das Thal flach, so bedeckt er häufig seine ganze Sohle mit Kies und Sand, oder schweift fast jährlich abwechselnd von einer Seite zur anderen, und läßt sich die Eindämmung des Menschen oft nur so lange gefallen, bis eine ungewöhnliche Schwelle ihm Kraft genug gibt, dieselbe zu zerstören. — Der Mittellauf beginnt, wo die Flüsse in eine geregeltere Strömung mit zahlreichen Krümmungen eintreten, und dies ist mit unseren Flüssen gewöhnlich bei ihrem Austritt aus den Seen der Fall, von denen sie am Fuß des Gebirges aufgenommen worden sind. Da in diesem Theile ihres Laufes ihr Gefäll im Allgemeinen geringer ist, so ist ihre Geschwindigkeit gleichförmiger als im Gebirge, überdies sind sie meist zwischen feste Ufer eingeschlossen, die jedoch nicht immer vom anstehenden Fels gebildet werden, und für kleinere Schiffe fahrbar. Die Neigung des Bettes ist aber noch groß genug, um das Geschiebe der Zuflüsse weiter zu fördern, oder die Ablagerung derselben bei Hochwasser wegzuräumen. Wo aber die alten Geschiebablagerungen der Ufer angegriffen und weggeschwemmt werden, da wird, was der Fluß nicht weiter fördern kann, an zahllosen Stellen zu Inseln angehäuft, die sich nach und nach mit Buschwerk und Wald bekleiden, oder in einzelnen Fällen auch vom Menschen in Cultur genommen werden. Es kommen übrigens auch im Mittellauf neben Untiefen noch Strudel und Stromschnellen vor, welche die Schifffahrt unterbrechen oder wenigstens erschweren. Hier und da durchströmen die Flüsse größere und kleinere Thalbecken, welche das Ansehen trocken gelegter Seeboden haben; sie liegen in der Regel zwischen felsigen Zusammenschnürungen, durch welche die Stromschnellen hervorgebracht werden.

Wie der Mittellauf der Flüsse bei uns beschaffen sei, veranschaulicht Dir am besten ein Beispiel, wozu ich ein Stück des Rheinlaufes wähle. Nachdem der Rhein den Jura, in den er bei Schaffhausen

getreten, verlassen, bespült er seinen Fuß auf's Neue bei Kaiserstuhl und fließt, von ihm eingeengt, bis nach Reckingen, wo das Gebirge auf beiden Seiten zurücktritt und der Strom allmälig eine nördliche Richtung annimmt. Von Reckingen bis unterhalb Kadelburg gewinnt nun ein Thalboden Raum, der aus älteren und jüngeren Geschiebablagerungen besteht; jene bilden auf beiden Seiten des Stromes den höheren, diese den tieferen Thalboden. Unterhalb Reckingen breitet sich dem höheren badischen Ufer gegenüber ein kleines Thalbecken aus, von dem ein Theil jetzt noch „See" heißt. Zwischen Rheinheim und Zurzach, jenes auf der tieferen Stromebene, dieses auf dem höheren Thalboden gelegen, tritt der Rhein in eine stärkere nördliche Biegung ein und hat in den letzten 40 Jahren durch den Stoß seiner Wasser auf das schweizerische Ufer von der alten Geschiebablagerung ein etwa 400 Schritte langes Stück von der jetzigen Breite der Hauptströmung abgerissen und auf der badischen Seite eine Insel gebildet. So weit diese Erosion geht, erreicht der Rhein im Sommer eine Tiefe von 16 bis 22 Fuß, und wo dieselbe aufhört, wirft sich die Hauptströmung allmälig auf die rechte Seite hinüber, zugleich zieht sich das alte höhere Ufer beiderseitig zurück, und läßt besonders auf unserer Seite zwischen sich und dem Rhein wieder eine niedrige Stromebene, welche theilweise bei hohem Wasserstande regelmäßig überschwemmt und mit Sand und Schlamm belegt wird. Unterhalb Rietheim drängt sich der Jura nordwärts, seine Felsen setzen durch das Bett des Rheins, der hier den kleinen Laufen bildet und bei Coblenz wieder in die niedrige Thalsohle eintritt. Diese liegt dem Hügel gegenüber, auf welchem Waldshut erbaut ist, und gegen den sich Rhein und Aar mit vereintem Stoß werfen. Oft zerstören hier beide Flüsse ihre aus hohen Geschieblagern bestehenden Ufer, wo dieselben nicht durch Dämme geschützt sind, und was die Aar von ihren Ufern abreißt und nicht wieder an verschiedenen Stellen derselben ablegt oder zu Inseln anhäuft, führt sie in den Rhein hinaus. Dem hohen Ufer von Waldshut gegenüber liegt mit wenigen Häusern eine niedrige Thalsohle, hinter welcher sich das alte Ufer erhebt, auf welchem Leibstadt steht. Dann bildet weiter abwärts der Jura wieder das Stromufer, und zu Laufenburg setzt der Gneis des Schwarzwaldes auf die Schweizerseite über, in dessen Felsen der Rhein den großen Laufen bildet. Aehnlich sind die Verhältnisse bis in die Gegend von Basel; zwischen Zusammenschnürungen, entstanden durch das Vortreten des Gebirgs gegen den Strom,

der an diesen Stellen zwischen Felsen läuft, befinden sich Stromebenen und Thalweitungen, in denen der Fluß zwischen älteren oder jüngeren Geschiebablagerungen durchströmt, hier und da dieselben zerstörend und unstet zwischen ihnen umherschwärmend. Was endlich die mittlere Höhe des Stromspiegels betrifft, so finde ich für denselben bei Zurzach 1015, bei Coblenz 971, bei Laufenburg 903, bei Rheinfelden 811, bei Basel 776 franz. Fuß.

Du weißt aus früheren Briefen, daß die Flüsse allerlei Material entweder fortstoßen oder schwebend fortführen; es ist das Geschiebe, welches, wenn mit der progressiven sich eine rotirende Bewegung verbindet, abgerundet wird und Gerölle heißt. Es besteht aus Kies, Sand und Schlamm, wozu in den Strombetten der Gebirgsthäler noch Felsblöcke kommen, welche bei starken Anschwellungen oft beträchtlich weit fortgewälzt werden, so jedoch, daß die größeren in der Nähe der Engpässe, aus welchen die Gebirgsströme heraustreten, liegen bleiben. Da diese Körper bei der Fortbewegung sich unter einander und am Strombett reiben und stoßen, so werden dadurch alle schärferen Ecken und Kanten abgerundet, die größeren Stücke mehr und mehr zerkleint, bis sie zuletzt zu Schlamm und Sand geworden sind. Die Verkleinerung des Geschiebes steht im Verhältniß zur Entfernung desselben vom Stammort, so daß z. B. in manchen Thälern des Schwarzwaldes, woher von Coblenz abwärts das meiste Geschiebe des Rheines kommt, runde Geröllblöcke von 1 bis 2, zuweilen von 2 bis 4 Fuß Durchmesser getroffen werden, während die älteren Gerölle bei Basel im Mittel die Größe eines Apfels erreichen. Dabei leuchtet von selbst ein, daß der Grad der Festigkeit der Steinarten, also ihre mineralogische Beschaffenheit, auf die Zeitdauer, die zur Verkleinerung des Geschiebes erfordert wird, von wesentlichem Einfluß ist. An Stellen, wo die Strömung stark ist, wird das ganze Material in Bewegung gesetzt, wo aber die Geschwindigkeit des Wassers sich vermindert, da wird es dasselbe fahren lassen, wodurch Sandbänke und Inseln, überhaupt Verstopfungen der Ströme hervorgebracht werden. Inseln bilden sich schon im Mittellaufe und um so eher, wenn der Strom die Geschiebablagerungen seiner Ufer losreißt und dieselben nicht weit fortzuführen im Stande ist. Sie zeigen eine übereinstimmende Grundform, wenn sie in einem beträchtlichen Stromzuge liegen; aufwärts, gegen die Stoßseite des Stromes, sind sie breit zugerundet und abwärts, auf der Leeseite, spitz gestaltet, und

es scheint, daß sie bei dieser Gestalt dem Strom den größten Widerstand zu leisten vermögen, ähnlich wie ein kreisförmig gestaltetes Gewölbe unter allen Gewölbformen den stärksten Druck erträgt. Der Strom, nimmt man an, schaffe die Inselmasse so weit fort, bis sie ihm unter dieser Gestalt widerstehen könne und dann unverändert bleibe.

Unsere Flüsse strömen trüb in unsere Seen ein, aber treten ziemlich abgeklärt wieder daraus hervor. Offenbar bleiben die Gesteinstrümmer, der Sand und Schlamm, die sie oberhalb mit sich führen, in dem Seebecken zurück, auf dessen Grund sich das Geschiebe über einen gewissen Raum verbreitet. Wo das fließende Wasser sich in das stehende ausmündet, erleidet es fast eine gänzliche Hemmung, es läßt daher dort das mitgeführte Geschiebe fallen und wirkt, wenn es an manchen Stellen seines Laufes vorher zerstörend gewirkt hat, jetzt, wie schon früher bei der Inselbildung, reproductiv. Bleibt, bei starker Strömung, das Flußbett stets frei, so fällt das Geschiebe zu beiden Seiten der Mündung nieder, und der Fluß baut sich seine Ufer in den See hinaus und fließt auf einer schmalen Erdzunge, die sich allmälig mehr und mehr verlängert. Ein Beispiel für diese Form gibt uns die Rheinmündung in den Bodensee. Wenn aber bei größeren Anschwellungen der Fluß sein gewöhnliches Bett überschwemmt, so werden gewöhnlich die in den See hinausgebauten Seitendämme durchbrochen, die Geschiebmassen, aus denen sie bestehen, werden zu beiden Seiten der Mündung in die kleinen Einbuchtungen des Seeufers geworfen, und es entsteht statt einer Erdzunge ein Vorland, das der Fluß bei gewöhnlichem Wasserstande durchschneidet. Diese Geschiebeablagerungen vor den Mündungen der Flüsse, welche vom Grund der Seen bis über ihren Spiegel hinaufreichen, gleichen den Schuttkegeln am Fuß der Gebirgsabhänge, nur daß ihr tieferer Theil vom Wasser bedeckt ist, welches auf ihren Böschungswinkel einen wesentlichen Einfluß ausüben muß. Das Geschiebe bleibt aber oft in der Mündung selbst liegen, wenn dieselbe breit ist, es bildet sich eine Flußinsel, die sich durch immer neue Ablagerungen gegen den See hin vergrößert und den Strom an seiner Mündung in zwei Arme spaltet. Diese Bildungsform hat den Namen Delta erhalten, weil sie gewöhnlich ein dem gleichbenannten griechischen Buchstaben ähnliches Dreieck bildet, dessen eine Spitze dem Flusse zugekehrt ist. Die Delta, wie man gewöhnlich alle diese Flußalluvionen nennt, sind flach, wenig über das

Niveau des Wassers erhöht, und bestehen sie aus gröberem und feinerem Kies, so fallen sie, nach der schnell zunehmenden Tiefe zu schließen, ziemlich steil gegen den Seegrund ab, sind sie aber Bildungen aus Schlamm und feinerem Sand, so ist ihr Böschungswinkel schwächer. Da Anschwellungen mit ruhigerem Wasser wechseln, so zeigen die Ablagerungen Schichten von gröberen und feineren Theilchen, in denen das Treibholz und andere vegetabilische Substanzen, nebst Ueberresten von fortgeschwemmten Land- und Süßwasserthieren begraben sind. Es wiederholt sich also in den Sedimentmassen der Delta der bekannte neptunische Bildungsprozeß, und die in ihnen enthaltenen organischen Ueberreste werden ebenso versteinern, wie diejenigen zu Petrefacten geworden sind, welche wir in den Schichten früherer geologischen Perioden antreffen; aber freilich sind dazu Jahrtausende nöthig. Von der großen Menge von Delta, welche die Ufer unserer Seen an den Ausflüssen reißender Wildbäche oder größerer Flüsse zeigen, führe ich hier nur einige der bedeutenderen aus älterer und neuerer Zeit an, und Du kannst Dir wohl denken, daß die größten unter ihnen bloße Miniaturbildungen sind im Vergleich mit den gewaltigen Delta eines Nil, Ganges, Mississippi und anderer Ströme. Der Nil, dessen Delta 23 Meilen im Längendurchmesser hat, führt in den Anschwellungen eine Menge Schlamm mit sich, die $^1/_{132}$ seiner Wassermasse betragen soll; das Delta, welches der Ganges allmälig vor seiner ursprünglichen Mündung aufgebaut hat, mißt 40 Meilen im Durchmesser und der Schlammgehalt des Stromes ist $^1/_{98}$; der Mississippi soll nach ungefährer Berechnung jährlich etwa 3703 Millionen Kubikfuß anschwemmen, und neben seinem unteren Lauf berechnet man den durch den Fluß neu gebildeten Alluvialboden auf 14,000 englische Geviertmeilen. Der Lauf unserer Flüsse bis zu den Seen ist zu kurz und ihre Wassermasse zu gering, als daß ihr Geschieb- und Schlammgehalt, so groß er auch bei Anschwellungen sein mag, mit demjenigen dieser Riesenströme verglichen werden könnte. Sind ihre Wirkungen daher auch kleiner, so sind sie dennoch im Lauf der Zeit nicht ganz unbeträchtlich gewesen. Eines unserer größeren Seedelta, dessen Ursprung in eine sehr frühe Zeit hinaufreicht, ist das der Maggia bei Locarno. Es mißt in Länge und Breite eine Schweizerstunde (16,000 Fuß) bei einer Seetiefe von mehr als 200 Fuß, besteht aus grobem und feinerem Kies und sein äußerer Abfall nach dem Seegrund ist ziemlich steil. Die bei Genf schön hell und klar aus dem Genfersee austretende Rhone

strömt getrübt und farbig an seinem oberen Ende in ihn ein. Port Valais (Portus Valesiae der Römer) lag vor weniger als 2000 Jahren an der Rhonemündung in den See und ist jetzt über eine halbe Stunde vom Seeufer entfernt; der dazwischen liegende angeschwemmte Landstrich ist also während der genannten Reihe von Jahren entstanden. Weiter rückwärts, bis in die Nähe von St. Maurice, besteht der Kalkboden aus einer flachen Ebene, die fast 4 Stunden lang und der älteste Theil des Delta ist; denn sie besteht aus Sand und Schlamm, liegt wenig über dem Niveau des Flusses und ist offenbar durch Ausfüllung des ursprünglichen Seebodens entstanden. Diese ganze Bildung erinnert an das Nildelta mit dem ihm rückwärts liegenden Thalboden Aegyptens, das, wie jene, als ein Product des werkthätigen Stroms zu betrachten ist. In nicht ganz einer Stunde Entfernung von der Rhonemündung wird die zunehmende Tiefe des Sees schon sehr bemerkbar, und genaue Sondirungen scheinen für das Delta eine Böschung von ungefähr 10° zu ergeben. Eine von St. Gingolph nach Vevay gab eine mittlere Tiefe von etwas weniger als 600 Fuß und von derselben bis zur Rhone fand man überall den Flußschwamm. Da während der Schneeschmelze vom April bis August die Wassermasse und die Geschwindigkeit des Flusses am größten ist und große Mengen von Sand, Schlamm und organischen Substanzen in den See geführt werden, während des übrigen Theiles des Jahres aber der Einfluß verhältnißmäßig so gering ist, daß alsdann der ganze See einen 6 Fuß niedrigern Wasserstand hat; so muß das Rhonedelta geschichtet sein und aus abwechselnden gröberen und feineren Ablagerungen bestehen. Wäre es möglich, von demselben einen Durchschnitt zu erlangen, so würde man eine Reihe von Schichten sehen, welche zusammen 600 bis 900 Fuß mächtig und etwa 1 Stunde lang wären. Ein ebenso altes Delta, als das der Rhone, ist das Bödeli zwischen dem Brienzer- und Thunersee, auf dem Interlaken erbaut ist, wo alljährlich eine zahlreiche Fremdencolonie sich ansiedelt. Die aus dem Lauterbrunnen- und Grindelwaldthal kommende Lätschine hat die beiden Seen, die in einer früheren Zeit zusammenhingen, durch das Anschwemmen eines flachen Alluvialkegels getrennt und einem reizenden Thalboden sein Dasein gegeben. Daß viele Jahrtausende zu dieser Bildung, die über eine Quadratstunde Oberfläche hat, erforderlich waren, ist ganz natürlich; historische Nachrichten und das mehrhundertjährige Alter großer Nußbäume beweisen hinlänglich, daß die mittlere Region

dieses Geschiebedammes schon sehr lange vollendet ist, während er sich besonders gegen den Brienzersee hin noch fortdauernd vergrößert. Einer ganz neuen Zeit gehören andere Delta an, die ein auffallendes Zeugniß von dem schnellen Wachsthum dieser Bildungen ablegen. Die Kander wurde im Jahr 1714 durch zwei parallele Stollen in den Thunersee geleitet. Sie schoß mit der Heftigkeit eines Bergstroms durch die beiden Stollen, zersprengte die Decken und grub sich, wie es scheint, bereits in den ersten Jahren ein Bett, das in der Nähe des Durchstichs bei 100 Fuß unter dem alten, mit dem See parallelen Bett liegt. Diese Erosion erstreckt sich aber in der Kander und Simme mehr als eine Stunde über den Durchstich zurück und hat auch dort noch etwa 50 Fuß Tiefe. Die Menge von Sand, Schlamm und Steinen, welche sie anfangs in den vor der Mündung über 200 Fuß tiefen See führte, lieferte die Hauptmasse an das Kanderdelta, das eine halbkreisförmige Gestalt hat und bereits einen Flächenraum von 162 Jucharten (zu 40,000 Quadratfuß) und 32,838 Quadratfuß einnimmt, wovon 62 Jucharte mit Wald bewachsen und die übrigen 100 Jucharte Wiese, Morast und Kiesboden sind. Die Böschung desselben soll, nach Sondirungen, 31° und seine jährliche Zunahme mehrere Ellen betragen. Auch die Linth hat seit ihrer Ableitung in den Wallensee im Jahr 1811 bereits ein beträchtliches Delta angelegt, dessen äußerer Abfall gegen den Seegrund $22^1/_2{}^0$ gefunden worden ist.

Die Wassermasse, die durch den Rhein bei Basel abfließt, wo der größte Theil unserer Gewässer sich mit ihm vereinigt hat, habe ich Dir bereits früher angegeben; sie beträgt bei einem Gefäll von 0,357 auf 1000 Fuß, einer Geschwindigkeit von 4,6 Fuß in der Secunde und bei mittlerem Stand und einem Stromprofil von 6760 Quadratfuß stündlich 112 Millionen Cubikfuß, während sie vor der Theilung des Stromes an der holländischen Grenze auf 265 Mill. Cubikfuß ansteigt. Alle unsere Wasser zeigen einen höchsten und einen niedrigsten jährlichen Stand, und da der Quellenbezirk der meisten derselben im Gebirge ist, dessen Boden länger, als in der Niederung der Winter dauert, mit Schnee bedeckt bleibt oder zugefroren ist; so fällt der tiefste Wasserstand in die Monate December und Januar, der höchste in die Zeit, da der Schnee schmilzt, und für die Gewässer der Hochalpen in die drei Monate Juni, Juli und August, wo die Gletscher am stärksten und ohne Unterbrechung abschmelzen. Am Rhein und an der Rhone will man eine Abnahme der mittleren Wasser-

masse beobachtet haben und für den ersteren Strom beträgt dieselbe in den 30 Jahren vor 1838 bei Basel 0,675 Fuß. Eine vorzügliche Ursache dieser Erscheinung muß in der Verminderung der Wälder in den Alpen, wie im Jura gesucht werden, denn die Bewaldung des Bodens hat auf den Quellenreichthum desselben einen entschiedenen Einfluß. Die durch Blätter und Zweige bewirkte Zertheilung des Regenwassers begünstigt die Bildung von Quellen gerade dadurch, daß dasselbe allmälig zu Boden fällt und ihn durchdringt, während waldleere Abhänge den Sturz der gesammten Regenmasse empfangen und dieselbe nur wenig ins Innere eindringen lassen, sondern sie zum schnellen Abfluß nach der Tiefe nöthigen. Ist dann der Regen vorüber, so trocknet sehr bald der Boden aus und wird unfähig, Quellen ihre Entstehung zu geben. Ueber diese unbesonnene Waldwirthschaft vergangener Jahre in den Alpen, habe ich mich schon früher geäußert, und dieselbe Klage gilt auch vom Jura. Auch hier hat der Mensch oft mit frevelnder Hand in die Ordnung und Harmonie der Natur eingegriffen, und den eigennützigen Vortheil des Augenblicks haben kommende Geschlechter mit Plagen verschiedener Art zu büßen gehabt, mit Wasserarmuth zur einen, mit verheerenden Ueberschwemmungen zur anderen Zeit, so daß der Boden, der sonst üppige Wiesen und ergiebige Fruchtfelder trug, an manchen Orten entweder völlig unbrauchbar oder in Weide verwandelt ist.

Schon in den ersten Briefen habe ich vom Verhalten des Wassers in Bezug auf die Temperatur gesprochen und den Gegensatz seiner Milde mit der zu Extremen geneigten Kraft des Landes hervorgehoben. Das Wasser ist bestrebt, dieselbe gemäßigte Temperatur beizubehalten, und auch bei Bächen und Flüssen ist dies der Fall, da sie im Allgemeinen einen geringeren jährlichen und täglichen Spielraum zeigen, als das Land. Verschiedene Umstände tragen aber dazu bei, ihren mildernden Einfluß auf die extremen Temperaturen zu beschränken. Der Theil des Wassers, der eine niedrigere Temperatur angenommen hat, sinkt, vermöge seiner größeren Schwere, auf den Grund, während wärmeres, leichteres Wasser an die Oberfläche steigt. Wenn sich in Seen das Wasser nach den verschiedenen Graden seiner Temperatur und Dichtigkeit schichtweise ordnen kann, so wird dies in Flüssen vielfach gehindert durch die ungleiche Geschwindigkeit des Wassers in demselben Stromprofil und an verschiedenen Stellen des Bettes, sowie durch die verschiedenen Richtungsänderungen desselben, und sehr oft führt die vielfache Bewegung der

Bäche und Flüsse das kältere Wasser des Grundes wieder an die Oberfläche. Dazu kommt, daß ihr Wasser aus den kälteren Quellbezirken im Gebirge einen niedrigeren Wärmegrad mit sich führt, weshalb bei Alpenströmen die Beobachtung gemacht worden ist, daß ihr Wasser an schönen Sommertagen Vormittags und Abends einen Unterschied von 4 bis 5 Grad zeigte, der sich aus der Zeit erklärt, den das Schmelzwasser des Hochgebirges bedurfte, um den Beobachtungsort zu erreichen. Kalte Bergströme nehmen indessen auf ihrem Laufe in kurzer Zeit die höhere Temperatur ihrer Umgebung an, und ihre Wärme kann vom Abfluß aus Gletschern von Meile zu Meile abwärts sich um 1° steigern. Im Allgemeinen sind die größeren Flüsse im Herbst und Winter etwas wärmer als die Luft, im Frühjahr und Sommer kühler, und ihre Mitteltemperatur kommt mit derjenigen der Luft nahe überein, oder ist selbst etwas höher. Allein ihr Einfluß auf die Temperaturausgleichung bleibt stets auf die nächste Umgebung beschränkt, ist gering und kann mit demjenigen großer Wasserflächen nicht in Vergleichung kommen. — Weil die Eisbildung, wie jede Krystallisation, an festen Anhaltpunkten beginnt, so scheint sie in Strömen zunächst auf dem Grunde zu beginnen; wenigstens haben Beobachtungen gezeigt, daß während derselben das Wasser am Grund der Flüsse auf 0° und nahe an der Oberfläche auf 0° oder einige Grade darüber war. Die Kälte muß aber immer einige Zeit anhaltend gewesen sein, bevor sich Grundeis bildet. Der gleichzeitigen Bildung des oberflächlichen Eises steht die Strömung hindernd entgegen, indem sie das sich bildende Eis fortreißt und zertrümmert, und wenn langsam fließende Ströme, oder diejenigen Stellen derselben, wo das Wasser langsam fließt, sich mit Eis bedecken, so sind schneller fließende frei von Eis, und ebenso alle diejenigen Stellen eines Flusses, welche eine stärkere Strömung haben. Die Bildung des oberflächlichen Eises beginnt ebenfalls an festen Anhaltpunkten, nämlich an den Ufern, und schreitet bei anhaltend strenger Kälte von da gegen die Mitte des Stromes fort, der dann in einem immer schmäler werdenden Kanale fließt, bis zuletzt die ganze Oberfläche sich mit einer Eisdecke überzieht. Wenn bei eintretendem Thauwetter durch den Druck der anwachsenden Wassermasse die Eisdecke zersprengt und der Eisgang dadurch gehemmt wird, daß die schwimmenden Tafeln auf noch festsitzendes Eis stoßen oder sich in einander keilen und das Wasser aufstauen; so werden an niedrigern Uferstellen Ueberschwemmungen die unausbleibliche Folge des Eisganges

sein, und es ist nichts Ungewöhnliches, daß selbst starke steinerne Brückenjoche durch den vereinten Druck des Eises und des aufgestauten Wassers fortgestoßen werden.

Sechsunddreißigster Brief.

Die Seen.

Man sollte glauben, daß die Größe der Flüsse und ihres Gebietes mit der Höhe der Gebirgsketten, in denen sich ihr Quellenbezirk befindet, im Verhältniß stehen müßte; und doch ist dies nicht der Fall, da hierfür noch andere Naturbedingungen maßgebend sind. Die Berge Amerikas haben an Höhe den asiatischen weichen müssen, aber der Rio Marannon und der Mississippi stehen noch immer an der Spitze der Flüsse. In einer vergleichenden Darstellung der Länge der Hauptströme nimmt die Wolga die neunte Stelle ein, die Donau die zwölfte, und jene entspringt in einer waldigen Erhöhung der weiten slavischen Ebenen, diese am Schwarzwald, von wo sie dem Osten Europas zuströmt. Der Rhein dagegen, dem mehr als dreihundert Gletscher des höchsten und herrlichsten Theiles der Alpenzone ihre vollen Gewässer zusenden, hat noch fünf Hauptströme zwischen sich und der Donau. Aber wie so weit verschieden ist der historische Rang der Ströme von dem, welchen ihnen die Größe anweiset! Die Themse nimmt unter den Hauptflüssen die letzte Stelle ein, und ihre Schiffer herrschen über Küsten und Flüsse aller Erdtheile. Welchen Ruhm haben Kephissos und Ilissos Athens und die Tiber Roms; wie geht der Name des kleinen Jordan mit der Christenheit über die ganze Erde, während die größten Ströme Nordasiens und Südamerikas nur Wenige nennen gehört haben! Welcher europäische Strom endlich steht an seinen Ufern Kunst und Natur, geschichtliche Erinnerung und lebendige Gegenwart auf gleiche Weise vereint, wie der Rhein! Wenn sich seine Gewässer, ungestüme Alpensöhne, in zahlreichen Seen geläutert haben, wogen sie vereint durch lachende Fluren, an stattlichen Schlössern, hohen Domen, kunstreichen und belebten Städten vorbei, denen sie reiche Lasten zuführen. An seinen

Quellen wohnt ein freies, frohes, gewerbfleißiges Volk, an seinen Mündungen ein anderes, das sich durch Handel und kühnen Unternehmungsgeist Reichthümer gesammelt hat, und zwischen der Schweiz und Holland führt seine Bahn durch lauter fruchtbare, trefflich bebaute und gebildete Länder, deren Bewohner seit fast zweitausend Jahren in der Geschichte eine bedeutende Rolle gespielt haben, seit der historischen Epoche, wo sie wie zerstörende Wogen die Länder südlicher Civilisation überflutheten und den lebenverjüngenden Kampf mit den durch zu langes, träges Verweilen in reichem Ueberfluß erschlafften Nationen aufnahmen, bis auf unsere Zeit herab, wo sie sich siegreich gegen die Riesengröße eines Gewaltherrschers erhoben, außerdem aber in zahlreichen Denkmälern der Kunst und Wissenschaft und in wichtigen Erfindungen die bildende Thätigkeit ihres Geistes beurkundeten. Der Rhein mit seinen Nebenflüssen ist ganz eigentlich der Strom des mittleren Europa, zwischen dem Süden und Norden, zwischen Holland und der Schweiz, England und Italien die große Handels- und Reisestraße, und da die neuen Ideen weite Räume mit der Geschwindigkeit des Gedankens durcheilen und in demselben Augenblick das Verständniß Aller bewirken, so wird die Bedeutung dieser Straße um so mehr steigen, je freier, inniger und lebendiger die Berührungen aller Art zwischen den verschiedenen Gliedern des europäischen Staatensystems werden und je mehr nicht blos materielle, sondern auch geistige Bande dieselben an einander knüpfen.

Fast ebenso, wie mit den Flüssen, verhält es sich mit den Seen; ihre historische Bedeutsamkeit, oder ihre Wichtigkeit für den Verkehr hängen nicht von ihrer Größe ab, und dazu kommt noch ein ästhetisches Moment, das ganz zu Gunsten der kleineren Seen spricht. Betrachtet man den Caspisee seiner Eigenschaften und Ausdehnung wegen — er hat 7375 Geviertmeilen Oberfläche — als Binnenmeer und das Asowsche Meer als ein Glied des schwarzen Meeres, so bleiben noch etwa 60—70 größte Seen übrig, die hinsichtlich ihrer Ausdehnung mit einander verglichen werden können. Davon gehören zu den größten Süßwasserbecken der Erde: in Nord-Amerika der Obere-See mit 1700, der Michigan mit 1075, der Huronsee mit 1150, der Riesee mit 553 und der Ontario mit 473 Geviertmeilen Oberfläche; in Europa der Ladoga mit 320 und der Onegasee mit 195 Geviertmeilen; in Asien der Aralsee mit 2100 und der Baikalsee mit 625 Geviertmeilen Größe. Auf allen

diesen Seen erblickt man, wo sie ihre volle Breite erreichen, vom Mastkorbe eines Schiffes kein Ufer mehr. Unsere Seen verschwinden beinahe gegen diese gewaltigen Süßwasserflächen; denn der Genfersee hat nur 11,2, der Bodensee 9,7, der Neuenburgersee 4,3 Geviertmeilen Größe, und die übrigen sind wieder klein gegen sie. Zwar erreicht der Langensee noch eine Größe von 3,68 Geviertmeilen, allein der Vierwaldstättersee hat blos 1,7, der Züricfsee 1,6, der Luganersee 0,88, der Thunersee 0,82, der Zugersee 0,69, der Bielersee 0,77, der Wallensee 0,53, der Brienzersee 0,51, der Murtersee 0,50, der Sempachersee 0,23 und der Aegerisee 0,23 Geviertmeilen Oberfläche. Dennoch sind viele dieser kleinen Seen Mittelpunkte einer sehr bedeutenden Industrie oder Navigationsstraßen eines wichtigen Handelsverkehrs, während an anderen der Grundstein zu unserem Freiheitsbunde gelegt oder entscheidende Schlachten zur Rettung seiner Existenz geschlagen wurden, noch andere endlich verleihen unseren herrlichsten Gegenden ihren schönsten Reiz, — alles Vorzüge, welche die genannten großen Seen nicht mit ihnen theilen. Doch ich wollte eigentlich nur unsere Seen hinsichtlich ihrer Größe mit anderen vergleichen und gehe daher auf ihre übrigen physischen Erscheinungen über.

Bekannt ist die außerordentliche Durchsichtigkeit des Meerwassers, in welchem die Absorption des Lichtes bis in beträchtliche Tiefen so gering ist, daß man z. B. bei den westindischen Inseln sich im Boote wie über einer krystallhellen Flüssigkeit befindet und auf dem weißen Sande des Grundes Seeigel, Gewürme, Schnecken, ganze Waldungen von Seepflanzen, Gorgonien, Korallen u. s. w. deutlich wahrnimmt und sie bei einer Entfernung von 20 bis 24 Fuß meint mit der Hand ergreifen zu können. Besteht der Meeresboden aus vielfarbigen Korallen, oder aus Sand vermischt mit Korallen, so soll man ihn dort noch in 60 bis 90 Fuß Tiefe deutlich erkennen. Auch das Wasser unserer Landseen läßt das Licht in eine bedeutende Tiefe eindringen, und um so tiefer, je intensiver dasselbe und je größer die eigene Klarheit des Wassers und die Glätte seiner Oberfläche ist. Der Genfersee soll eben so durchsichtig sein als der Wettern in Schweden, in welchem ein Halbkreuzerstück in der Tiefe von 50 Fuß noch erkannt werden könne. Die dadurch bewirkte Täuschung ist in der That oft so groß, daß man, wenn man, sanft im Kahn auf der Wasserfläche hingleitend, den Abhang eines subaquatischen Berges erstiegen hat, in die Tiefe zu stürzen glaubt, sowie man über den Gipfel

desselben hinwegfährt, und nach wenigen Ruderschlägen zwischen sich und dem sichtbaren Seegrunde eine 20 bis 25 Fuß mächtige Wasserschicht hat. In dieser großen Durchsichtigkeit und der beträchtlichen Tiefe unserer Seen sind wahrscheinlich die allgemeinen Bedingungen für die Färbung derselben zu suchen, wobei man nothwendig annehmen muß, daß das Licht in eine größere Tiefe dringe, als das Auge des Menschen. Für sich allein erscheint das Wasser völlig farblos, seine grünliche Farbe kann daher auch in größeren Massen nicht ihm selbst zukommen. Ist der See so tief, daß die Lichtstrahlen seinen Grund entweder gar nicht, oder nur in geringer Menge treffen, so daß die von ihm reflectirten Strahlen vom Wasser absorbirt werden, bevor sie an die Oberfläche gelangen, dann ist die Oberfläche des Sees, wenn sie weder vom Wind, noch von einer Strömung bewegt wird, gleich einem Spiegel, der das wolkenlose Blau des Himmels reflectirt, und die tiefsten Stellen zeigen eine blaugrüne Färbung. Wenn aber die Lichtstrahlen den Grund des Sees in Menge treffen, und sich mit dem Refler des Wassers derjenige des Seegrundes vereinigt; so wird der See, je nach der größeren oder geringeren Tiefe seines Wassers, blaulichgrün oder grün erscheinen, und die Farbe wird in Meergrün übergehen, wenn der Grund eine helle Farbe hat und noch so tief ist, daß man ihn kaum erkennt, und doch nicht so tief, daß er nicht durchscheinen könnte. Die grüne Farbe wird demzufolge heller mit abnehmender und dunkler mit zunehmender Tiefe des Wassers. Dunkelblaugrün sind die meisten tiefen Seen, deren Wasser entweder nicht aus Gletschern entspringt, oder sich bereits abgeklärt hat, während im Sommer die Seen, deren Zuflüsse aus Gletscherbächen bestehen, blaugrün bis bläulich erscheinen. Von hohen, bewaldeten Gebirgen umgebene Seen zeigen eine dunklere Färbung, als Seen, die in offenem Lande liegen. Die Ursache mag zum Theil dieselbe sein, welche bewirkt, daß man bei ruhigem, heiterem Wetter auf der Schattenseite des Schiffes das Wasser dunkler sieht, als auf der von der Sonne direct beleuchteten Seite, als ob das klare Wasser, wie Burmeister sich ausdrückt, durch den Schatten des Schiffes eine dunkle Folie erhielte, die das Blau des Himmels stärker reflectire, als die Sonnenseite, auf welcher der größere Theil der Lichtstrahlen durch das Wasser hindurchgeht. Bei den hohen Alpenseen, die oft eine beträchtliche Tiefe erreichen, kommt dazu noch der Refler des unverändert bleibenden grünen Lichtes der bewaldeten Berge. Blau erscheinen unsere Seen, wenn man von

einem hohen Standpunkt auf sie herabsieht, wie Du dies vom Rigi aus wirst bemerkt haben, und die Farbe ist um so intensiver, wenn am Morgen die Niederung mit Nebel bedeckt ist, aus welchem ein Theil des Sees hervorblickt; am Fuß des Rigi aber nimmt der Zuger- und Waldstättersee wieder eine grüne Farbe an. Aus größerer Entfernung gesehen spielt die Farbe der Seen überhaupt mehr in's Blaue, wodurch sich ihre ruhige Fläche von der grünen Umgebung sehr gefällig abhebt und eine Zierde der Landschaft wird. Ist der Himmel mit Wolken überzogen, so nimmt die Oberfläche der Seen, in der Nähe gesehen, einen in's Graue spielenden Farbenton an, hellgraugrün an Stellen von geringer Tiefe und hellem Grund, dunkelgraugrün an den mit Seepflanzen bewachsenen Senkungen des Grundes oder über großen Tiefen. Beide Färbungen, die gleichzeitig erscheinen und manchmal als Vorzeichen eines Witterungswechsels gelten, geben uns auf einen Blick ein allgemeines Bild der Erhöhungen und Vertiefungen eines Sees, wobei die heller gefärbten Stellen um so stärker von den dunklern sich abheben, je weiter sich die Erhöhungen des Seegrundes wie schmale gekrümmte Landzungen in den See hinein erstrecken. Auch Winde verändern die Färbung der Seen; bei Stürmen erscheinen sie lebhaft grün, bei schwächerem Winde, der nur die Oberfläche kräuselt und Ursache wird, daß ein großer Theil des Lichtes, der sonst in die Tiefe gedrungen wäre, aufgefangen und verworren reflectirt wird, erscheint das Wasser grauweiß oder im Silberschein, wenn man bei heiterem Himmel die Oberfläche vom Ufer betrachtet. Ein See kann, abgesehen von seiner ungleichen Tiefe, in verschiedenen Farbenmischungen erscheinen, wenn trübe und helle Gewässer sich in ihm verbinden, weshalb die unteren Theile langer Seen oft eine andere Färbung zeigen als die oberen, wo die trüben Gebirgswasser einmünden, weil auf dem Wege zum unteren Theil des Sees das trübende Mittel bereits großentheils zu Boden gefallen ist. — Was ich Dir hier über die Farbe unserer Seen geschrieben habe, reducirt sich auf die Paar Sätze, daß dieselbe bedingt ist durch die Farbe ihres Grundes, die Tiefe des Beckens und den Reflex des blauen Lichtes des Himmels und des grünen ihrer Umgebung. Wenn aber, nach Alex. v. Humboldt, Alles, was sich auf die Farbe des Meeres bezieht, in höchstem Grade problematisch ist, so gilt dies auch von der Farbe der Seen, und Du magst alles Obige als subjective Ansichten betrachten, neben welchen andere auf gleiche Geltung Anspruch machen können. Thatsache ist,

daß wir an unseren Seen ein mannigfach wechselndes Farbenspiel beobachten, je nachdem der Himmel heiter oder bewölkt, die Atmosphäre ruhig oder bewegt ist, ein See in offenem Gelände oder gebirgiger Gegend liegt, aus der Ferne und Höhe oder in der Nähe gesehen wird, ja es scheint ihre Farbe selbst mit dem ungleichen Stand der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten in Beziehung zu stehen.

Wenn in den Meeren der Gehalt an aufgelösten Bestandtheilen in 1000 Theilen Wasser sich auf 38 bis 41 berechnet, so erscheint er in unsern Seen um Vieles geringer. Im Genfersee z. B. enthalten 1000 Theile Wasser nur 0,157 feste Bestandtheile, die aus kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk- und Talkerde, Chlormagnesium, Thon- und Kieselerde bestehen und dem Wasser ein specifisches Gewicht von 1,00015 geben, während das specif. Gewicht des Meerwassers auf 1,022 bis 1,028 steigt, das des reinen Wassers gleich 1 gesetzt. Dieselben Bestandtheile befinden sich auch in unseren Flüssen, wozu noch bei einigen schwefelsaures Natron kommt, und der Gehalt daran auf 1000 Theile Wasser berechnet sich beim Rhein zu Basel auf 0,171, bei der Aar zu Bern auf 0,221. Natürlich ist darunter die größere Menge fester, dem Fluß- und Seewasser mechanisch beigemengter Stoffe nicht verstanden. Die Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Quellwasser verschwindet also in den Flüssen und Seen, nur im Quellbezirke ist ihr Gehalt an festen Bestandtheilen oft noch größer, als in weiterer Entfernung davon. Ist die Reinheit unsers Seewassers im Vergleich mit dem des Meeres schon sehr groß, so stellt sich dieselbe noch viel bedeutender heraus, wenn wir es mit dem Wasser einiger anderer Binnenseen vergleichen. Das todte Meer hat in 1000 Theilen Wasser 245,3, der Eltonsee im Gouvernement Saratow 255,5 und der Urmiasee in Armenien 271 feste Bestandtheile, und das specif. Gewicht ihres Wassers ist 1,212, 1,292 und 1,165 des reinen Wassers.

Eine merkwürdige Erscheinung, die man das Blühen der Seen nennt, weil man sie ausschließlich von Blüthen der Wasserpflanzen herleitete, rührt von Organismen her, welche dem unbewaffneten Auge meist unsichtbar sind und sich so schnell und auf unglaubliche Weise vermehren können, daß sie in einer von keiner faßbaren Zahl auszudrückenden Menge allgemein verbreitet sind. Diese mikroskopischen Thiere sind die Ursache des überraschenden und prachtvollen Phänomens des Meeresleuchtens, das man in allen Meeren, offenen wie eingeschlossenen, und

in allen Breiten gesehen hat; die rothe Substanz der Schneefelder der Polarzone, der Pyrenäen und der höheren Alpen rührt größtentheils von solchen Thierchen her, die in dem Alpenschnee ebenso ihre natürliche Wohnstätte finden, wie andere in den heißen Quellwassern, im See- und Meerwasser; jeder Wassergraben in moorigen Gegenden, jeder Teich, die feuchte Erde selbst enthält zahllose Mengen derselben, und da viele über ihrem weichen, aus thierischer Haut bestehenden Körper eine schützende Hülle haben, die entweder aus Kalk oder aus Kieselerde besteht und eine Art von Schale oder Panzer um das Thier bildet, so verwest zwar, wenn das Thier stirbt, sein thierischer Theil, allein sein Panzer bleibt mit der ihm eigenthümlichen Gestalt zurück, und es übt daher diese mikroskopische Thierwelt auf die Vergrößerung der Erdrinde einen Einfluß aus, der noch nicht in seiner ganzen Ausdehnung übersehen werden kann, aber gewiß ist es, daß ganze Schichten von Erde und, wie ich Dir schon früher geschrieben habe, von Steinarten aus nichts Anderem bestehen, als aus den zusammengehäuften Exuvien dieser Thiere, der Kalksand der Meeresufer besteht oft großentheils aus ihren Schalen, der Schlamm der Seehäfen aus ihren Ueberresten. Die einen dieser wunderbaren Thierchen gehören den Geschlechtern der Polythalamien mit ihren Kalkschalen, andere, die noch allgemeiner verbreitet sind, den Infusorien an, von denen mehrere Arten mit Kieselpanzern versehen sind. Die Erscheinung nun, von welcher hier die Rede ist, besteht in einem bald weißen, bald rothen, bald gelblich grünen Schaum oder Schlamm, der oftmals die Oberfläche unserer Seen bedeckt und nach mikroskopischen Untersuchungen aus Infusorien besteht. Es gehören indeß dieselben in den verschiedenen Monaten der warmen Jahreszeit verschiedenen Geschlechtern an. Der Schaum des Neuenburgersees zeigte unter dem Mikroskop im März eine dicht gedrängte Menge von Colpoda in jedem Tropfen, im April bestand er aus Navicula, Paramecium, Monas, Anfangs Juni ausschließlich aus Vorticella, im Juli aus Bacillaria, Gallionella und Navicula; die Seeufer sind mit grünen Seefäden (Conferven) bekleidet, die, trocken gelegt, weiße, dicht mit Bacillarien gemengte Krusten bilden. Der rosenrothe oder lillafarbene Schlamm, mit dem sich im Frühjahr 1825 der Murtersee nur wenig unterbrochen und stellenweise handhoch bedeckt hatte, bestand ganz aus Oscillatoria rubens, die aber nur selten eine so schnelle und große Vermehrung zeigt.

Daß unsere Seen zur Zeit der Schnee- und Eisschmelze in den Alpen jährlich regelmäßig anwachsen, ist eine allbekannte Aenderung ihres Niveaustandes. Man beobachtet aber auch noch andere Veränderungen im Niveau der Seespiegel, welche weder von dem größeren Zufluß des Wassers während der Schneeschmelze, noch von dem Impuls der Winde herrühren, sondern lediglich von dem Luftdruck abhängig sind, der auch auf den Wasserstand des Meeres einen ähnlichen Einfluß ausübt. Diese Bewegung tritt bisweilen mit einer gewissen Regelmäßigkeit ein, und man beobachtet sie am Genfer- und Bodensee, am Neuenburger-, Zürich- und Langensee und an anderen Seen im nördlichen Italien. Die Erscheinung zeigt sich auf dem Genfersee am bedeutendsten und wird von den dortigen Anwohnern Seyches, von denen des Bodensees Ruhß genannt. Sie tritt ohne Wellenschlag und ohne Strömung ein, dauert selten über 20 bis 25 Minuten und besteht darin, daß sich die Wasserfläche innerhalb einer kurzen Zeit erhebt und dann wieder sinkt. So erhebt sich die Wasserfläche des Genfersees an gewissen Orten innerhalb 15 bis 20 Minuten um 3, 4 und 5 Fuß; auf dem Bodensee beträgt die Erhebung nur 4 bis 5 Zoll, ist indessen auch schon höher gestiegen, erreicht im Zürichsee vollends blos $1^1/_2$ Zoll und ist noch geringer im Neuenburger- und Langensee. Am stärksten sind diese Hebungen in den genannten Seen in der Nähe des Abflusses und kommen zu allen Jahreszeiten und zu allen Tagesstunden vor, doch häufiger bei Tag als bei Nacht, und im Frühjahr und Herbst häufiger als im Sommer und Winter. Die allgemeine Ursache der Seyches ist, wie bereits bemerkt, der Druck der Luft, der gleichzeitig auf verschiedene Theile der Wasserfläche ungleich einwirkt. — Der Genfersee zeigt noch eine andere eigenthümliche Bewegung, es sind Strömungen, Ladières genannt, denen keine Ruderkraft gewachsen ist, und die in ganz verschiedenen Richtungen erfolgen. Sie sind das Ergebniß von unterirdischen Zuflüssen, welche dem See zur Sommerszeit einen Drittheil, im Winter die Hälfte seiner Wassermasse zuführen sollen, die er an seinem Ausflusse bei Genf abgibt. Diese unterseeischen Quellen erklären vielleicht auch die große Durchsichtigkeit des Wassers dieses Sees. — Ebenfalls auf dem Genfersee hat man Wettersäulen beobachtet, die wenn sie sich auf dem Lande zeigen, Landtromben, über dem Wasser Wasserhosen heißen. Gewöhnlich findet der Anfang der Wettersäulen in den höheren Luftschichten, meist in einer Gewitterwolke statt, indem sich

von derselben eine trichterförmige Verlängerung herabsenkt, die, wenn sie sich der Erdoberfläche nähert, die dort befindlichen leichteren Körper, über einem See also das Wasser in eine heftige Bewegung setzt, welches sich kegelförmig erhebt und mit dem Trichter, der aus den Dunstbläschen der Wolke besteht, durch einen engen Cylinder verbindet. Die ganze Erscheinung zeigt eine schraubenartige Drehung um ihre Achse und schreitet zugleich mit ungleicher Geschwindigkeit in gerader oder gebogener Linie fort. Die Wirkung der wirbelnden Bewegung auf die Gegenstände, mit denen die Wettersäule zusammentrifft, ist verschieden dem Grade nach, bald vermögen sie nur leichtere Gegenstände aufzuheben und fortzuführen, bald aber auch Bäume zu entwurzeln und selbst Wohnungen zu zerstören, und dabei ist es nicht selten, daß sie vom Land aufs Wasser und umgekehrt von diesem auf jenes übergehen. Da die Wettersäulen gewöhnlich mit elektrischen Erscheinungen verbunden sind, so haben die einen Physiker die Ursache derselben in elektrischen Prozessen gesucht, während andere annahmen, daß sie durch parallel, aber entgegengesetzt neben einander durchziehende Winde, oder durch centripetal nach der Stelle, wo die Wettersäule entstehen soll, zuströmende Winde, oder endlich durch auf- und niedersteigende Luftströmungen zu erklären seien, welche erst während der Bewegung durch den Widerstand der ruhenden Luft in eine schraubenartige Drehung gezwungen werden.

Wie alle Körper durch Erkaltung sich zusammenziehen, dadurch dichter und schwerer werden, so auch das Wasser. Dem gewöhnlichen Gesetze nach sollte es bei 0°, also bei seinem Gefrieren, die größte Dichtigkeit haben. Dies ist aber nicht der Fall, indem es dieselbe schon bei + 4° C. erreicht. Sobald eine Wassermasse diese Temperatur in allen ihren Theilen angenommen hat, kann nur noch die oberste derselben durch die Luft kälter werden, und erhält diese die Temperatur von + 3° + 2° C. u. s. f., so dehnt sich das Wasser wieder aus, wird leichter und muß oben bleiben. Auf der Oberfläche aller unserer Seen tritt jede Nacht und jährlich während mehrerer Monate eine Erkaltung ein, in Folge deren das Wasser schwerer wird und niedersinkt; es sind daher im Allgemeinen für die tieferen Schichten der Seen niedrigere Temperaturen zu erwarten, als die mittleren der Oberfläche, und diese Temperaturen werden, sofern der See keine andere Wärmequelle hat, constant und derjenigen gleich sein, bei welcher es seine größte Dichtigkeit erreicht. Ist die Temperatur der oberflächlichen Schichten auf + 4° C. gesunken, so

werden die unteren Schichten eine wenig von ihr verschiedene Temperatur zeigen; haben aber die Schichten an der Oberfläche eine höhere Temperatur als + 4° C., so zeigen diejenigen am Grunde die tiefste Temperatur. Dabei ist sehr wohl möglich, daß durch unmittelbare Leitung von oben nach unten Wärme in die Tiefe des Wassers gelangt, wenn die Temperatur der Oberfläche lang genug höher stand, als die tieferen Schichten. So stellen sich im Allgemeinen die Wärmeverhältnisse in unseren Seen dar, soweit der Einfluß der Luft sich dabei geltend macht. Es ist aber die Temperatur eines Sees auch von der seines Beckens abhängig, und es werden alle Ursachen, welche auf dieses einwirken, ihren Einfluß auch auf das Wasser bewähren, die Erdwärme also, welche auf den Grund des Beckens, und die Erdwärme in Verbindung mit der Temperatur des Bodens, welche auf die Seitenwandungen wirkt, wobei auf die Tiefe und Leitungsfähigkeit des Seebeckens viel ankommen wird. Endlich werden auch die Zu- und Abflüsse eines Sees ihren Einfluß auf die Temperatur seines Wassers bemerklich machen. Wenn Zuflüsse in offenem, kurzem Lauf direct von aufthauenden Gletschern stammen, so ist klar, daß ihr Wasser um mehrere Grade kälter sein wird, als die mittlere Temperatur des Sees. Dieses kältere einströmende Wasser sinkt in die Tiefe, während der oberflächliche Abfluß gleichzeitig das wärmere Wasser der Oberfläche abführt. Solche Seen werden in der Regel eine geringere mittlere Temperatur haben, als Seen, denen Bäche und Flüsse längeren Laufes ihr Wasser zuführen, weil diese erwärmend wirken, da ihre Temperatur sich wenig von der mittleren der Gegend unterscheiden kann. Auf dem Grund des Seebeckens entspringende Wasser sind eine andere Wärmequelle für Seen von bedeutender Tiefe, denn sie besitzen eine höhere Temperatur, als die der unteren Wasserschichten, welche sich auch überdies wenig mit den verschiedenen Jahreszeiten ändert. Es entstehen durch diese Quellwasser aufsteigende Strömungen, welche, wenn auch ihr von mehrfachen Bedingungen abhängiger Gang und ihre Verflechtung mit den periodisch wiederkehrenden niedersinkenden Strömungen des kälteren Wassers schwer zu übersehen ist, jedenfalls eine Erhöhung der Mitteltemperatur der ganzen Wassermasse zur Folge haben müssen. Verliert endlich ein See seinen Wasserüberschuß durch einen unterirdischen Abfluß, so wird durch denselben, statt des wärmeren Oberflächenwassers, das kältere Tiefenwasser abgeführt, und ein See dieser Art kann eine höhere Mitteltemperatur haben, als unter übrigens gleichen Ver-

hältnissen ein See, dem durch seinen Abfluß an der Oberfläche das wärmere Wasser sofort entzogen wird. Saussure fand dies an dem hochgelegenen Joursee bestätigt, der unterirdische Abzüge hat. Aus dem Mitgetheilten ergibt sich das allgemeine Resultat, daß eine gleichmäßige Temperatur selten durch die ganze Wassermasse eines Sees verbreitet und daß die Temperatur der Oberfläche größer ist, als die der Tiefe. Wiederholte Messungen unserer Seen bestätigen dies. Der Bodensee zeigte in einer Tiefe von 370′ eine Temperatur von 4°,5 C. und an der Oberfläche von 18°,1 C., der Zugersee in 216′ Tiefe 5° und an der Oberfläche 15°, der Luzernersee in einer Tiefe von 600′ 4°,9 und 20°,3 an der Oberfläche, der Brienzersee 4°,8 in 500′ Tiefe und 19°,4 an der Oberfläche, der Thunersee 5° in der Tiefe von 350′ und 19° an der Oberfläche, der Neuenburgersee zeigte in 325′ Tiefe 5° bei 23°,1 Oberflächentemperatur, der Langensee 6°,7 in 325′ Tiefe bei 25° an der Oberfläche, der Genfersee endlich hatte in 320′ Tiefe 6°,5 und an der Oberfläche 19°,8 und zeigte bei einer anderen Messung in 923′ Tiefe 6°,6 und 19°,5 an der Oberfläche. Diese letzte Messung ergab, daß die Abnahme der Temperatur am Ende des obersten Viertels der ganzen Tiefe bereits ihre Grenze erreicht hatte und daß die drei unteren Viertel eine constante Temperatur zeigten. Obige Bestimmungen sind alle im Sommer ausgeführt worden, und es läßt sich erwarten, daß die Temperaturunterschiede zwischen dem Oberflächen- und Tiefenwasser im Winter beträchtlich geringer sein werden, besonders bei anhaltender und strenger Kälte. Daß aber auch die jährlichen Temperaturwechsel der Oberfläche sich in bedeutende Tiefe erstrecken, beweisen Messungen im Neuenburgersee, in welchem am 1. Decbr. 1842 nach einem heißen Sommer die Temperatur in 400′ Tiefe gleich 5°,62 C., an der Oberfläche 6°,40 war, am 21. März 1847 nach einem kalten Winter in gleicher Tiefe 3°,35, an der Oberfläche 3°,80 betrug. — In seichten Wassern kann die Temperatur von + 4° C. schon nach kurzer Zeit bis auf den Grund dringen, so daß die ganze Wassermasse alsdann die gleiche Temperatur hat; tiefes Wasser erfordert dagegen eine länger andauernde Kälte, damit seine Temperatur auf diesen Grad größter Dichtigkeit herabsinke. Wird dann das Oberflächenwasser noch um 4° kälter, so kann es bei der Temperatur von 0° gefrieren. Es geschieht dies jedoch gewöhnlich erst, wenn die inneren auf- und absteigenden verticalen Strömungen wärmeren und kälteren Wassers aufgehört haben,

und da der Gefrierpunkt überdies einen Spielraum von mehreren Graden hat, so wird das Wasser früher oder später zu gefrieren beginnen, je nachdem es ruhig oder bewegt ist, oder die Kälte langsam oder schnell zunimmt. In seichten Wassern wird daher das durch Wärmestrahlung und Berührung mit der Winterluft bis auf 0° erkaltete Oberflächenwasser sich früher mit einer Eisdecke überziehen, als dasjenige tiefer Becken. In beiden beginnt aber die Eisbildung zuerst an der Oberfläche, und zwar an festen Anhaltspunkten, an den Ufern, an Sand- und Kiesbänken, überhaupt an allen den Stellen, wo die Tiefe des Wassers am geringsten ist, und schreitet von da immer weiter durch Krystallisation vor, bis zuletzt, bei anhaltender großer Kälte, die ganze Oberfläche sich mit einer Eisdecke belegt hat. Diese wächst von unten her, je mehr Wärme die tieferen Wasserschichten bei anhaltendem Frost durch Leitung nach oben verlieren; von oben her nimmt sie zu durch niederfallende und anfrierende Hydrometeore, und diese obere Masse, die zum Theil aus zusammengeschmolzenem Schnee und Kiesel besteht, unterscheidet sich von dem tieferen reinen und durchsichtigen, in dicken Massen blaulichgrünem Eise durch geringere Durchsichtigkeit, weiße Farbe, geringere Zähigkeit und größere Zahl von Luftblasen, ähnlich wie das Gletschereis. Das specif. Gewicht des Eises ist 0,95, und seine Cohäsion ist so groß, daß eine auf dem Wasser ruhende Eisdecke von weniger als 1 Zoll Dicke einen Menschen trägt, und daß über Eis, welches kaum 1 Fuß dick ist, Lastwagen fahren können. In strengen Wintern hat die Mächtigkeit des Eises auf einzelnen Seen 1 bis 2 Fuß erreicht, die Eisdecke der Newamündung bei Petersburg soll auf $1^1/_2$ bis 2 Ellen steigen und an der Küste von Grönland hat man Eisfelder beobachtet, welche 4 bis 6 Fuß Höhe über dem Wasser und etwa 20 Fuß unter demselben hatten. Höhere Alpenseen, die im Winter eine ungehinderte Communication für Schlitten darbieten, sind oft noch Ende Aprils mit Eis bedeckt. Manchmal bilden sich bei bedeutender Kälte und ruhigem Wasser Eisnadeln und schneeähnliche Gruppen auf offenem See, die sich zu einer sulzigen Decke zusammenschließen, ähnlich wie in den Eismeeren die Sludges. — Es versteht sich übrigens von selbst, daß bedeutende Eismassen, welche einem See zugeführt werden, das Gefrieren seiner Oberfläche begünstigen müssen, sowie umgekehrt warme Quellen demselben hinderlich sind.

Unsere Seebecken sind nicht nur Läuterungsbecken der geschiebreichen, trüben und reißenden Bergströme, sondern sie setzen zugleich den Ver-

heerungen derselben eine Grenze und werden dadurch zu wohlthätigen Regulatoren des Wasserstandes. Die Ströme, welche aus den Alpen in die Niederung fließen, würden alljährlich weithin über ihre Ufer treten, wenn nicht die Seen ungeheuere Massen Wasser aufnehmen könnten, ohne beträchtlich zu steigen. Gesetzt, ein Bergstrom habe eine Breite von 100 Fuß, der See, in den er mündet, von 10,000 Fuß, so wird durch eine Wassermenge, welche den Strom um 100 Zoll anschwellt, der See um 1 Zoll steigen, folglich auch den unterhalb des Sees liegenden Stromtheilen nur einen Zoll Steigung mittheilen können. So sehr wird durch einen See die Wirkung der Stromschwelle des Oberlaufes in ihrer Intensität geschwächt. — Außer diesen periodischen Anschwellungen können noch andere Verhältnisse zwischen dem Wasserstand eines Sees und seinem Zu- und Abfluß in Betracht gezogen werden. Alles Wasser, welches ein See mehr empfängt, als durch Verdunstung absorbirt wird, muß vom Abfluß abgeführt werden, und wenn beide, Verdunstung und Abfluß, zur Abführung einer Wassermasse, welche der des Zuflusses gleich ist, genügen, so wird das Niveau und die Ausdehnung der Seefläche constant bleiben. Wächst aus irgend einer Ursache der Zufluß, während das Bett des Abflusses unverändert bleibt, so steigt die Wasserfläche; allein das Steigen wird allmälig immer langsamer erfolgen, weil das Profil der abfließenden Wassermasse ebenfalls an Höhe und Breite zunimmt, dieselbe folglich in steigender Progression entweicht, und die Größe und Höhe der Seefläche, soweit sie vom Abfluß abhängig ist, wird erst dann eine unveränderliche sein, wenn sich das Verhältniß zwischen dem Zufluß und der Quantität und Geschwindigkeit des Ausflusses wieder hergestellt hat. Wächst, bei gleichbleibendem Zufluß, aus irgend einer Ursache der Abfluß, so sinkt der Wasserspiegel, aber nicht in directem Verhältniß des Mehrbetrags der abfließenden Wassermenge über die zufließende, weil die Oberfläche immer weniger durch Verdunstung verliert, je mehr der See durch Erweiterung des Abflußbettes sinkt. Das mittlere Niveau unserer Seen kann als ein constantes betrachtet werden, wo sie bei beständigem Zuflusse einen unveränderten Abfluß behalten haben. In früheren Perioden der Erdbildung mochten aber andere Verhältnisse stattgefunden haben. War früher, bei stärkerer Bewaldung, der Quellenreichthum unserer Berge größer, so waren es auch die Zuflüsse unserer Seen, und ihr Niveau stand höher als jetzt, sofern ihr Abflußbett dem jetzigen gleich war. War

aber zu irgend einer Zeit der Durchschnitt des Abflußkanales zu klein, so wird die Seefläche zwar ebenfalls gestiegen sein, indem jedoch dadurch die Schnelligkeit des abfließenden Wassers vermehrt wurde, mußte sich allmälig das Profil des Abflusses durch Erosion erweitern, bis dieser in Verbindung mit der Verdunstung der Menge des Zuflusses das Gleichgewicht hielt. Hätte aber die Beschaffenheit des Bettes eine Erweiterung des Abflußprofils unmöglich gemacht, so würde für eine gegebene Wassermenge, was an Breite fehlte, durch die mit der Höhe wachsende Ausdehnung ersetzt worden sein, bis auch in diesem Falle die Quantität des Abflusses zusammen mit der Verdunstung derjenigen des Zuflusses gleich kam. Die Erfahrung lehrt übrigens, daß enge und tiefe Abflußkanäle mehr Wasser abführen, als breite und seichte, denn es strömt in jenen schneller ab, weil die abfließende Masse sich darin drängt und das Gewicht der oberen Wassertheilchen die unteren vorwärts treibt. Man nennt Seen, wie diejenigen, von denen ich hier gesprochen habe, Flußseen, weil sie durch ihre Abflüsse mit dem Meere communiciren, und wenn dies geschieht, so ist es gleichgültig, ob der Abfluß ein oberflächlicher oder ein unterirdischer sei, wie z. B. beim Joursee. Von ihnen unterscheiden sich viele unserer hochgelegenen kleinen Bergseen, die, ohne einen Abfluß zu haben, entweder durch Quellen genährt werden, die sich in ihrem Becken befinden, oder durch das Schmelzen des Schnees, oder durch Gletscherwasser, das zwischen Spalten und Schichten des Gesteins zu ihnen fließt. Ursprünglich wird der Zufluß von solchem ganz klaren Wasser ohne festes Material das Seebecken allmälig immer höher gefüllt haben, bis die Oberfläche des Sees durch vermehrte Ausdehnung so groß geworden, daß er durch Verdunstung stetsfort ebenso viel verlor, als er empfing. Von diesem Zeitpunkte an werden seine mittleren Dimensionen so lange unveränderlich geblieben sein, als der jährliche Zufluß derselbe blieb. Da übrigens auch bei diesen alpinischen Seen die Verdunstung mit den Jahreszeiten veränderlich ist, und sich die Menge des Zuflusses gleichfalls, aber mit anderen Zeitpunkten des Maximums, ändert, so müssen natürlich auch diese Seen in einer merkbaren Zu- und Abnahme begriffen sein, die indeß auf ihr mittleres Niveau keinen Einfluß hat. — Das abströmende Wasser erzeugt nach physikalischen Gesetzen, in den Flußseen, wenigstens in einem Theile derselben, eine beständige, wenn auch noch so unmerkliche Strömung, welche durch die relative Lage des Abflusses gegen den Hauptzufluß bestimmt wird, und

der einfachste Fall ist der, wenn die entgegengesetzten Enden des Sees die Zu- und Abflußstellen sind. Ist der See vom Zufluß nach dem Ausfluß hin gegen den Horizont geneigt, so wird die Seeströmung entschiedener auftreten. So hat der Langensee ein von Norden nach Süden geneigtes Gefälle, das auf der Erstreckung von Magadino nach Arona 8 Toisen 4′ und 5″,33 beträgt; die Rhone ist bei ihrem Eintritt 10 Fuß höher, als bei ihrem Austritt aus dem Genfersee, welcher also eine gegen Westen gerichtete Neigung hat, und dasselbe ist vielleicht auch beim Bodensee der Fall, von dem man irriger Weise behauptet hat, daß sich durch seine ganze Fläche der Strom des Rheinwassers verfolgen lasse, das man an seiner Farbe, dem Wellenschlag und der Temperatur erkenne.

Die Seen in den Alpen folgen fast immer den Thalwindungen, was am Luganer- und Waldstättersee am auffallendsten hervortritt, und die mannigfachen Einbuchtungen des Wassers nebst den vielgestaltigen Vorsprüngen der Berge verleihen ihnen den reizendsten Wechsel in Form und Scenerie. Wir müssen unsere Seen als eine geologische Erscheinung betrachten. Die Seebecken des Rheins, der Rhone, Reuß und Aar, der Linth und des Tessin, welche am Ausgang der Längen- und Querthäler, oder am äußeren Rand des Alpensystems und des Jura und, mit Ausnahme des Langen- und Luganersees, im Gebiet des Alpenkalksteins oder über demselben, im Gebiet des Molassesandsteins und der Nagelfluh, liegen, müssen ohne allen Zweifel als Einsturzthäler und Gebirgskessel betrachtet werden, von denen ich Dir früher bei den Alpen Beispiele angeführt habe und die auch im Jura nicht fehlen. Diese Ansicht kann Dich nicht überraschen, da Du längst weißt, daß der Kraft der Schwere bei der Gestaltung des Erdbodens eine bedeutsame Rolle zugetheilt worden ist. Für beträchtliche Erweiterungen eines Flußbettes, wofür Manche sie angesehen wissen wollen, also für bloße Anstauungen der Flüsse können sie in keinem Falle gehalten werden; schon der steile Abfall der sie einschließenden Gebirge, der auch unter dem Wasserspiegel fortsetzt, das plötzliche Abbrechen der Schichten an diesen Abstürzen lassen kaum einen Gedanken an Auswaschung aufkommen, und noch viel weniger die große Tiefe dieser Seen. Der Neuenburgersee erreicht 450, der Luganersee 483, der Zürichsee 600, der Thunersee 728, der Waldstättersee über 800, der Bodensee 856, der Genfersee 950 bis 1154, der Zugersee 1200, der Brienzersee über 2000 und der Langensee 2465 Fuß

Tiefe, der Spiegel mehrerer dieser Seen geht also bis unter das Niveau des mittelländischen Meeres hinab. Könnte man alles Wasser dieser Tiefseen ausschöpfen, wie sonderbar würde dadurch der Charakter der Landschaften geändert werden, denen sie jetzt zur Zierde gereichen. Die einzige Einwirkung der Flüsse auf diese Seebecken beschränkt sich auf Veränderungen in ihrer Gestalt und Tiefe, indem sie mit ihrem Geschiebe Erdzungen, Vorlande und Delta bilden und den Seegrund mit einem mehr oder weniger ebenen Ausfüllungsboden überlegen. Ihre Wirkung ist also mehr reproductiver Art, und es sind nur wenige Beispiele bekannt, wo sie einen großartig zerstörenden Einfluß ausgeübt haben. Wenn die Kesselbildung dieser Seebecken, als ein Werk der Schwere, als etwas Vollendetes angesehen werden kann, so dauern dagegen die ausfüllenden Wirkungen der Flüsse noch immer fort, und kennt man den Inhalt eines Seebeckens, so würde es nicht schwer halten, die Elemente aufzufinden, aus denen sich berechnen ließe, in wie viel Jahren ein See in trocknes Land verwandelt wäre. Wenn die jährlich dem See zugeführte Menge Wasser geschätzt wäre, so müßten auch Versuche im Sommer und Winter angestellt werden, um das Verhältniß der mechanisch und chemisch in dem Wasser des Zuflusses enthaltenen festen Bestandtheile zu bestimmen, sodann müßten auch die schweren Materien, die auf den Boden geführt worden sind, nach hydrostatischen Gesetzen geschätzt werden, was dadurch möglich würde, daß man sich mit der mittleren Größe des Sandes, sowie mit dem Volum und der Geschwindigkeit des Zuflusses bekannt machte. Mit Hülfe dieser Beobachtungen ließe sich die Zunahme der Geschiebablagerung berechnen, freilich mehr die künftige als die frühere, denn es wäre nicht nur ein mühseliger, sondern auch ein ungewisser Versuch, die ursprüngliche Tiefe und Ausdehnung des schon ausgefüllten Theiles des Sees zu bestimmen. Das Rhonedelta habe ich schon im letzten Briefe erwähnt; auch am westlichen Ende des Sees scheint durch Anhäufung der Geschiebe auf seinem Grunde eine Erhöhung desselben entstanden zu sein. Dort, gegen Genf hin, erhebt sich der Seeboden steil aus der Tiefe, als eine geradlinige von einem Ufer zum anderen laufende und dem Ausfluß der Rhone vorliegende Bank (le Banc de travers). Besteht dieselbe auch aus festem Fels, so ist es doch wahrscheinlich, daß sich vor derselben die auf dem Seegrunde fortgewälzten Geschiebe anhäufen. Würde man untersuchen, ob der Rand dieses natürlichen Vorbaues allmälig vorrücke, so hätte man daran und an dem Wachsen des Deltas

bereits ein wichtiges Element für die Berechnung der Zeit, in welcher möglicherweise sich der Genfersee ausfüllen kann. Ich erwähne hier solcher Untersuchungen, um Dir zu zeigen, daß unsere Seen, wenn auch sehr allmälig und erst in vielen Jahrtausenden, nothwendig immer kleiner werden müssen; daß sie einst viel größer waren als jetzt, wirst Du gleich nachher sehen.

Der Ursprung der meisten dieser tiefen Seebecken reicht unstreitig in sehr frühe Zeiten hinauf, in die Periode der letzten Umgestaltung der Alpen und des Jura. Doch sind mehrere unserer Seen erst in historischer Zeit entstanden. So geschieht des Luganersees von keinem alten Schriftsteller Erwähnung, und erst im sechsten Jahrhundert gedenkt seiner Gregor von Tours. Nach den einen Geologen soll dieser See entstanden sein durch eine Erhebung des Bodens in der Gegend des Abflusses der Tresa. Allein da dieser Abfluß überhaupt nicht verstopft ist, dagegen an den östlichen Ufern des Sees, zwischen Lugano, Lanzo und Melano, den Untersuchungen nach bedeutende Erhebungen des Bodens wahrzunehmen sind, und solche Erhebungen sehr oft mit Einsenkungen verbunden sind; so erblickten Andere hierin die Ursache seiner Entstehung, besonders da die Gestalt des Sees der Annahme eines tiefen Sinkens vormals trockener Thäler, durch die ein Fluß strömte, günstiger ist, als der Erhebung eines natürlichen Dammes am westlichen Ende desselben. Ein anderes Beispiel gibt uns der kleine See von Tailleres im Jura. Die allgemeine Sage im Orte ist, daß er früherhin Wald gewesen sei, durch welchen ein kleiner Bach aus dem benachbarten seinen Lauf genommen. Auch hier scheint eine Senkung des Bodens dem See seine Entstehung gegeben zu haben. Ueber die Umstände, die das Ereigniß begleitet haben, ist nichts Näheres bekannt, Siegfried setzt aber die Zeit desselben vor 1515. Einen ganz anderen Ursprung hatte ein anderer See, der aber nur von 1512 bis 1515 bestand und an das früher erzählte Ereigniß im Bagnethal erinnert. Dieser See bildete sich 1512, als ein Bergsturz den Lauf des Bleguo am Ausgang des gleichnamigen Thales im Tessin hemmte und die Gewässer so aufstaute, daß von mehreren Kirchen nur noch die Thürme hervorragten. Der durch Erosion und den Druck der Wassermasse gelockerte Damm wurde am 25. Mai 1815 durchbrochen, und das Rivierathal, das vordem viel fruchtbarer war, als jetzt, wurde verwüstet, wobei 600 Menschen umkamen, selbst Bellinzona der Untergang gedroht ward und der Langensee aus seinen Ufern trat.

Manche nunmehr trockene Thäler in den Alpen und im Jura müssen einst Seebecken gewesen sein; dafür sind die Gesteine, welche den jetzigen Thalboden bilden, und die terrassenförmigen Kies- und Sandablagerungen in beträchtlichen Höhen an den Bergabhängen sprechende Zeugen. An anderen Orten sind Höhlen, oft von mehreren Fuß im Durchmesser, als Beweise ehemaliger Seen zu betrachten, denn sie sind durch Erosionen eines stehenden Wassers entstanden, wie Aehnliches noch durch die heutigen Seen geschieht. So lassen z. B. im Thal von Lauterbrunnen die in horizontaler Reihe sich folgenden Höhlen in den Felswänden der rechten Thalseite wohl keine andere Erklärung zu. Auch für einen einst höheren Stand der jetzigen Seen sind entschiedene Anzeichen vorhanden, wie, um nur ein Beispiel anzuführen, an den Felswänden bei Beatenberg am Thunersee, wo bis in eine Höhe von etwa 1000 Fuß über dem Seespiegel verschiedene Wasserlinien sich unterscheiden lassen, die durch horizontal fortlaufende Höhlungen und durch Furchen bezeichnet sind, deren Rand gerundet ist, also eine Form zeigen, die nur von Auswaschung herrühren kann. Endlich unterliegt es gar keinem Zweifel, daß auch die horizontale Ausdehnung unserer Seen einst größer war, als gegenwärtig. Ich habe bei der Betrachtung des Mittellandes bemerkt, daß der Boden in den größeren Hauptthälern größtentheils durch den nämlichen Prozeß gebildet worden ist, der noch jetzt in ihnen wirksam ist, nämlich durch Ablagerung der Stromgeschiebe in den ursprünglich um viele hundert Fuß tieferen Thalgründen. Die Becken der noch vorhandenen Seen am Ausgang dieser Thäler sind, wie nicht zu bezweifeln ist, als die Ueberreste dieser beträchtlichen Bodenvertiefungen zu betrachten. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß der Brienzer- und Thunersee, die jetzt durch das Delta der Lütschine und des Lombachs getrennt sind, einst ohne Unterbrechung sich von Meyringen bis weit unter Thun ausgedehnt haben; ebenso mochte der Langensee einst auf der einen Seite über die ganze Niederung bis Domo d'Ossola, auf der anderen bis nach Bellinzona gereicht haben; der Genfersee erfüllte das Querthal von Wallis, das jetzt mit seinem Delta ausgefüllt ist, während er auf der anderen Seite bis an die Perte du Rhone reichen mochte und früher auch einen viel höheren Stand hatte, als jetzt; der Zürich- und Bodensee endlich bildeten einst zusammen wohl den größten See der Schweiz, der sich von Chur nordwärts bis Sargans erstreckt haben muß, dort sich in zwei große Seearme theilte, von denen der eine

über Wallenstadt und Zürich bis oberhalb Baden, wo die Limmat den Jura durchbricht, der andere in der Richtung des Rheinlaufes an die jetzigen Gestade des Bodensees sich ausdehnte. Wie viel anders mußte in der Zeit dieses Seenzusammenhangs die Schweiz aussehen als jetzt! Wäre der Zürich-Bodensee in seiner ganzen vormaligen Ausdehnung noch vorhanden, was für einen grandiosen Anblick müßte derselbe mit seinen Krümmungen und den mannigfaltigen Ein- und Ausbuchtungen seiner Ufer dem Beschauer von günstigen Standpunkten aus, etwa vom Falkniß bei Meyenfeld oder vom Schänniserberge gewähren! Und doch würdest Du schwerlich den jetzt durch die werkthätigen Ströme ausgefüllten Theil seines einstigen Beckens mit seiner reichen Cultivirung durch den Menschen an jene alten Süßwasserfluthen vertauschen mögen.

Ich bin zum Schlusse meiner Mittheilungen gelangt, lieber Freund, und erlaube mir noch, denselben einige Bemerkungen beizufügen, die sich an den Inhalt des ersten Briefes anschließen. — Es kann nicht geleugnet werden, daß die Natur in einer inneren Beziehung zum Geiste des Menschen steht, und daß hieraus jene gemüthliche Theilnahme entspringt, die sich in der Anschauung der Natur ausspricht. Aber nicht der bloße Sinnenreiz, nicht die Wirkung, welche Licht und Schatten, der Glanz und Reichthum der Farben in unserem Auge hervorbringen, gewährt uns im Anschauen der Naturgestaltungen wirkliche Befriedigung, vielmehr wird diese uns erst dadurch zu Theil, daß wir in diesem Anschauen in eine innere Beziehung zu den Naturerscheinungen versetzt, mithin geistig erregt werden, und diese Beziehung äußert sich allemal in verschiedenen Stimmungen des Gemüthes, in einer gewissen Theilnahme, welche wir der uns umgebenden Natur nicht versagen können. Laß mich nur an einem Beispiele verdeutlichen, wie dies gemeint sei. Nimmt sich das Gemüth im Anschauen des Thales in sich selbst zusammen, wird ein heimischer Sinn in uns rege, der genügsam der Aussicht in die unbestimmte Ferne nicht bedarf, so berührt uns dagegen die Höhe der Berge ganz anders, sie trägt uns in die geistige Höhe, und erweitert das Gefühl, indem sie uns von der Enge und dem Druck des Lebens befreit. Betrachtest Du die Alpen, so werden Dir die gewaltigen Gährungen und Umwälzungen vor die Seele treten, durch welche sie entstanden und die ganze

Erdoberfläche sich gestaltet hat; von Neuem belebst Du das nun ruhig vor uns stehende Gebirge, die glühenden Massen steigen, wie heiße Blutströme, aus dem Erdinnern empor, heben die geschichtete Rinde, die zum Theil durch sie erweicht und umgewandelt und zu Bergen aufgerichtet wird, und indem Du jene Bewegung einer längst verflossenen Zeit Dir vergegenwärtigst, erscheint Dir die Erde als handelndes, kämpfendes, sich selbst gestaltendes Subject. Aber in diesem ungeheuren Kampfe droht allem Lebendigen, das sich ihm naht, Gefahr und Verderben, und auch jetzt noch, nachdem sich die streitenden Kräfte beruhigt haben, ist noch nicht alle Gefahr verschwunden. In solchen Gedanken spricht sich wohl unsere Theilnahme am Schicksal der Erde aus. Wo sich jetzt die Alpen über die umliegenden Länder erheben, war einst eine weite Meeresfläche, unter der sich tausendfältiges Leben regte, das in den Niederschlägen des Wassers begraben wurde. Die Titanenkräfte des Erdinnern durchbrachen die fesselnden Schranken und erhoben den Meeresgrund in das Reich der Luft und des Lichtes. Was uns aber mit dieser Unruhe der Gefahr aussöhnt, ist die Gewißheit, daß aus der Verwesung und über der Verwüstung und den Trümmern ein neues, höheres Leben erwacht ist. So erscheint uns in den Alpen, wie in der Natur überhaupt, die Idee des Lebens, welche dem Genuß der Natur eine geistige Bedeutung verleiht. Ich komme daher hier wieder auf die Gedanken zurück, die ich im ersten Briefe an Dich ausgesprochen habe: durch die Einsicht in das Wirken der physischen Kräfte verwischt sich für den gesunden Naturssinn nicht nur die Poesie der Anschauung nicht und gehen ihm keine Naturschönheiten verloren, sondern es eröffnet sich ihm dadurch in und mit der Anschauung der Natur eine neue geistige Welt, weil er ihre Formen, ihren Ursprung, ihr Ineinandergreifen versteht, und in ihr einen productiven, sich selbst durchführenden Prozeß erblickt, der gerade durch diese Energie nicht nur die schöne Form, sondern auch den Gehalt für dieselbe hervorbringen kann.

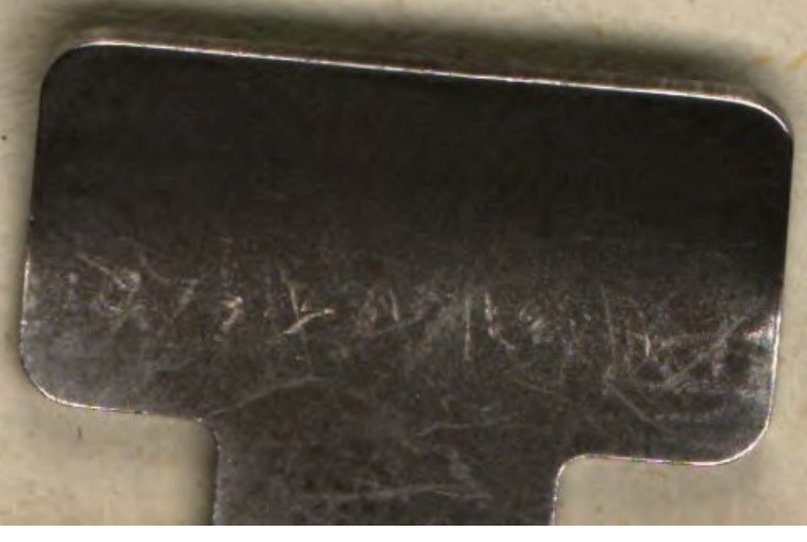
Es sollte mich sehr freuen, wenn Du die Richtigkeit dieser Ansicht an Dir selbst bewährt fändest, ebenso sehr würde es mich freuen, wenn diese Briefe für Dich ein Anregungsmittel zu einem einläßlicheren Studium der Natur unseres Landes würden. Für diesen Fall könnte ich Dir die Quellen empfehlen, aus denen ich selbst geschöpft habe. Darunter nenne ich Dir zuerst B. Studer's Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie, I. und II. Thl., in welchem ein

Bayerische Staatsbibliothek München

ausgebreitetes allgemeines physikalisches Wissen und ein reiches Material zur Kenntniß der Naturverhältnisse unseres Landes niedergelegt ist; ferner desselben Verfassers ausgezeichnete Geologie der Schweiz, I. und II. Thl., worin er uns eine allerwärts auf Autopsie gegründete, vortrefflich geschriebene und gründliche Darlegung des Gebirgsbaues der Schweiz geschenkt hat. Leider konnte ich bei diesen Briefen von dem zweiten Bande keinen Gebrauch mehr machen. Ein anderes tüchtiges Werk, das von großem und umsichtigem Fleiße zeugt, ist Siegfried's Schweiz, geologisch, geographisch und physikalisch geschildert, von welchem bis jetzt der erste Band erschienen ist, der den Jura behandelt. Auch die geologischen Briefe aus den Alpen von B. Cotta sind eine ebenso unterhaltende, als belehrende Lectüre. Und willst Du Deinen Gesichtskreis erweitern, so lies A. v. Humboldt's Kosmos, ein Werk voll des tiefsten Wissens und in allen seinen Theilen von Geist und Schönheit durchweht. Wo Dir dieses Meisterwerk Schwierigkeiten bietet, da nimm Cotta's Briefe zu demselben und Reuschle's Kosmos zu Hülfe.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Bayerische Staatsbibliothek München



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Meyer, Johann,

Physik der Schweiz mit steter Rücksicht auf die allgemeinen Naturverhä
ltnisse der Erde

Leipzig 1854
BHS II G 95
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707334-0